PHYSIKALISCHE ZEITSCHRIFT

vereinigt mit dem

JAHRBUCH DER RADIOAKTIVITÄT UND ELEKTRONIK

Nr. 8 — 15. April 1939 — Redaktionsschluß für Nr. 10 am 1. Mai 1939 — 40. Jahrgang

INHALT:

Abhandlungen:

G. Joos und J. Teltow, Zur Deutung der Knallwellenausbreitung an der Trennschicht zweier Medien. S. 289.

F. Matossi, Über die Dispersion des Ultraschalls in Flüssigkeiten. S. 294.

Berichte:

K. Diebner und E. Graßmann, Künstliche Radioaktivität IV. S. 297.

Besprechungen:

Grimsehl - Tomaschek, Lehrbuch der Physik. Bd. I. 10. Aufl. S. 315.

Gmelin's Handbuch der Anorganischen Chemie. 1. System-Nr. 22: Kalium. Lieferung 6. 2. System-Nr. 22: Kalium. Lieferung 7. 3. System-Nr. 59: Eisen. Teil F. 4. System-Nr. 64: Rhodium. 5. System-Nr. 66: Osmium. 6. System-Nr. 68: Platin. Teil A. S. 315.

Vorlesungsverzeichnis für das Sommerhalbjahr 1939. S. 315.

Nachrichten. S. 320.

ABHANDLUNGEN

Zur Deutung der Knallwellenausbreitung an der Trennschicht zweier Medien

Von G. Joos und J. Teltow

1. Einleitung

Kürzlich hat O. v. Schmidt[1]) an Hand prachtvoller Schlierenaufnahmen eine Ausbreitung von Knallwellen beschrieben, die in der Seismik schon länger bekannt ist. Die Erscheinung besteht im wesentlichen darin, daß eine parallel zur Grenzfläche im dünneren Medium fortschreitende Welle Anlaß gibt zu einer neuen Wellenfront, die in das dichtere Medium unter dem Grenzwinkel der totalen Reflexion eintritt. v. Schmidt gibt eine anschauliche qualitative Deutung dieser Wellenfront, die aus dem Huygensschen Prinzip heraus ohne weiteres verständlich ist. Sie scheint aber den Fresnelschen Formeln zu widersprechen, deren Anwendbarkeit auf die Akustik v. Schmidt daraufhin überhaupt bezweifelt hat. Unklar blieb ferner, ob es sich lediglich um einen Einschwingeffekt handelt („Kopfwelle", vgl. die Machsche Welle bei Geschossen) und inwieweit nichtlineare Vorgänge (infolge zu großer Amplituden) der Erscheinung zugrunde liegen.

Im folgenden wird nun wenigstens für den Fall, wo die Quelle auf der Grenzfläche sitzt, gezeigt: Die neuen Wellen sind bereits in der von Sommerfeld[2]) gegebenen stationären Lösung des Grundproblems der drahtlosen Telegraphie enthalten. Die Sommerfeldsche Rechnung läßt sich ohne Schwierigkeit auf die Akustik übertragen; dies ergibt eine vollständige Aufklärung der neuartigen Wellen, die demnach nicht auf Einschwing- oder nichtlineare Vorgänge zurückzuführen sind. Der scheinbare Widerspruch zu den Fresnelschen Formeln erklärt sich daraus, daß die parallel zur Grenzfläche fortschreitende Welle inhomogen ist; man darf die Formeln also hier nicht ohne weiteres anwenden, sondern muß auf die zugrunde liegenden Grenzbedingungen der Wellenfunktion zurückgreifen.

2. Mathematische Problemstellung. Zusammenhang mit der Akustik

In S[2]) befindet sich ein Hertzscher Dipol mit vertikaler Achse im Punkt O der Grenzfläche $z = 0$ zwischen zwei Medien (Fig. 1). Das ausgestrahlte elektromagnetische Feld wird durch eine Hertzsche Funktion Π beschrieben, aus der

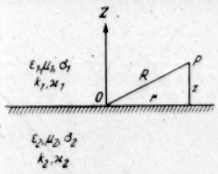

Fig. 1. Dipol in Grenzfläche.

1) O. v. Schmidt, Physik. Zeitschr. **39**, 868, 1938.

2) A. Sommerfeld, Ann. d. Phys. **28**, 665, 1909. Im folgenden mit „S" zitiert.

die Vektoren $\mathfrak{E}$ und $\mathfrak{H}$ durch Differentiation herzuleiten sind [S, Gleichung (2), (3)]. Für Π gelten die Forderungen (S, S. 680):

$$\left.\begin{aligned} \Delta\Pi_1 + k_1^2\Pi_1 &= 0 \quad \text{für} \quad z > 0 \\ \Delta\Pi_2 + k_2^2\Pi_2 &= 0 \qquad\quad z < 0 \end{aligned}\right\} \quad (1)$$

(Wellengleichung)

$$\Pi_1 = \Pi_2\,, \quad \frac{1}{\varkappa_1^2}\frac{\partial\Pi_1}{\partial z} = \frac{1}{\varkappa_2^2}\frac{\partial\Pi_2}{\partial z} \quad \text{für } z = 0 \quad (2)$$

(Grenzbedingungen)

$$\left.\begin{aligned} \Pi_1 &= 0 \quad \text{für} \quad r = \infty \quad \text{und} \quad z = +\infty \\ \Pi_2 &= 0 \quad \text{für} \quad r = \infty \quad \text{und} \quad z = -\infty \end{aligned}\right\} \quad (3)$$

(Verschwinden im Unendlichen)

$$\left.\begin{aligned} \Pi_1 &- \frac{e^{ik_1R}}{R} \quad \text{für} \quad z \geqq 0 \\ \Pi_2 &- \frac{e^{ik_2R}}{R} \quad \text{für} \quad z \leqq 0 \end{aligned}\right\} \quad (4)$$

endlich und stetig mitsamt den ersten Ableitungen einschließlich der Stelle $R = 0$ (Grad der Singularität $R = 0$).

Hier bedeuten

$$\left.\begin{aligned} k_1^2 &= \frac{\varepsilon_1\mu_1\omega^2 + i\omega\mu_1\sigma_1}{c^2} \qquad \varkappa_1^2 = \frac{k_1^2}{\mu_1} \\ k_2^2 &= \frac{\varepsilon_2\mu_2\omega^2 + i\omega\mu_2\sigma_2}{c^2} \qquad \varkappa_2^2 = \frac{k_2^2}{\mu_2}\,. \end{aligned}\right\} \quad (5)$$

Für die Akustik benutzen wir zweckmäßig das Potential φ der Strömungsgeschwindigkeit. Nach Abspaltung des Zeitfaktors $e^{-i\omega t}$ gilt für φ die Wellengleichung

$$\left.\begin{aligned} \Delta\varphi_1 + k_1^2\varphi_1 &= 0 \quad \text{für } z > 0 \\ \Delta\varphi_2 + k_2^2\varphi_2 &= 0 \qquad z < 0 \end{aligned}\right\} \quad (6)$$

mit $k_1 = \frac{\omega}{v_1}$, $k_2 = \frac{\omega}{v_2}$, v_1, v_2 Schallgeschwindigkeiten. Die Grenzbedingungen lauten[1])

$$\left.\begin{aligned} &\varrho_1 \frac{\partial\varphi_1 e^{-i\omega t}}{\partial t} = \varrho_2 \frac{\partial\varphi_2 e^{-i\omega t}}{\partial t} \\ &\text{oder} \\ &\varrho_1\varphi_1 = \varrho_2\varphi_2\,, \\ &\text{ferner} \\ &\frac{\partial\varphi_1}{\partial z} = \frac{\partial\varphi_2}{\partial z} \quad \text{für} \quad z = 0 \end{aligned}\right\} \quad (7)$$

(ϱ_1, ϱ_2 mittlere Dichten). Die erste Bedingung bedeutet Stetigkeit des Druckes[1]), die zweite Stetigkeit der Normalkomponente der Strömungsgeschwindigkeit. Setzen wir nun

$$\varrho_1\varphi_1 = \Pi_1\,, \qquad \varrho_2\varphi_2 = \Pi_2\,, \quad (8)$$

so gehen die Grenzbedingungen über in

$$\Pi_1 = \Pi_2 \text{ und } \frac{1}{\varrho_1}\frac{\partial\varphi_1}{\partial z} = \frac{1}{\varrho_2}\frac{\partial\varphi_2}{\partial z} \text{ für } z = 0\,. \quad (9)$$

Wir brauchen also bloß noch umzubenennen

$$\varkappa_1^2 = \varrho_1\,, \qquad \varkappa_2^2 = \varrho_2\,, \quad (10)$$

um wieder die in der Elektrodynamik gültigen Gleichungen (1), (2) zurückzuerhalten. Durch die Gleichungen (8), (10) lassen sich also die Sommerfeldschen Rechnungen und damit auch die folgenden Ergebnisse vollständig auf die Akustik übertragen. Denn die Gleichungen (3), (4) erfüllt die Lösung Π des Problems von sich aus schon. Insbesondere wird durch $\frac{e^{ikR}}{R}$ auch die akustische Singularität einer punktförmigen Schallquelle richtig wiedergegeben.

Das Problem (1) bis (4) wird durch [S, Gleichung (14)]

$$\left.\begin{aligned} \Pi_1 &= \int_0^\infty \frac{\varkappa_1^2 + \varkappa_2^2}{N} J_0(\lambda r) e^{-\sqrt{\lambda^2 - k_1^2}\,z} \lambda\, d\lambda \qquad z > 0 \\ \Pi_2 &= \int_0^\infty \frac{\varkappa_1^2 + \varkappa_2^2}{N} J_0(\lambda r) e^{+\sqrt{\lambda^2 - k_2^2}\,z} \lambda\, d\lambda \qquad z < 0 \end{aligned}\right\} \quad (11)$$

mit

$$N = \varkappa_1^2\sqrt{\lambda^2 - k_2^2} + \varkappa_2^2\sqrt{\lambda^2 - k_1^2} \quad (12)$$

gelöst. Dabei ist der Integrationsweg zunächst reell; die Ausdrücke $\sqrt{\lambda^2 - k^2}$ sind stets mit positivem Realteil zu nehmen.

3. Grenzübergang zu verschwindender Absorption

Lassen wir in der Sommerfeldschen Rechnung σ_1, σ_2 gegen Null streben, so werden k_1 und

[1]) Rayleigh, Theorie des Schalls. Deutsche Ausgabe, Braunschweig 1880, § 270.

k_2 reell und damit das Vorzeichen von $\sqrt{\lambda^2 - k^2}$ für $\lambda < k$ unbestimmt, da der positiv geforderte Realteil verschwindet. Aus Eindeutigkeitsgründen kann aber nur ein Zeichen richtig sein, wir müssen daher eine zusätzliche Vorschrift einführen. Diese ergibt sich daraus, daß Gleichung (11) für $k_1 = k_2 = k$ in die einfache Hertzsche Funktion $\frac{e^{ikR}}{R}$ übergehen soll.

Wir erhalten

$$\begin{aligned} \frac{e^{ikR}}{R} &= \int_0^\infty \frac{1}{\sqrt{\lambda^2 - k^2}} J_0(\lambda r) e^{-\sqrt{\lambda^2 - k^2} z} \lambda d\lambda \qquad z > 0 \\ &= \int_0^\infty \frac{1}{\sqrt{\lambda^2 - k^2}} J_0(\lambda r) e^{+\sqrt{\lambda^2 - k^2} z} \lambda d\lambda \qquad z < 0 \end{aligned} \tag{13}$$

Bei Übergang zu reellem k bleibt das Integral konvergent. Der Imaginärteil von Gleichung (13) lautet dann gemeinsam

$$\frac{i \sin kR}{R} = \int_0^k \frac{1}{\pm i \sqrt{k^2 - \lambda^2}} J_0(\lambda r) \cos \sqrt{k^2 - \lambda^2} z \cdot \lambda d\lambda \; ; \tag{14}$$

hier haben wir $\sqrt{\lambda^2 - k^2}$ durch $\pm i \sqrt{k^2 - \lambda^2}$ ersetzt, wobei die Wurzel selbst positiv genommen werden soll. Bildet man den Realteil von Gleichung (13), so fällt in diesem die Vorzeichenunsicherheit fort. Gleichung (14) muß auch für kleine r und z erfüllt sein, für welche

$$\cos \sqrt{k^2 - \lambda^2} z \sim 1, \; \sin kR \sim kR, \; J_0(\lambda r) \sim 1 \; ;$$

dies liefert

$$ik = \pm i \int_0^k \frac{-\lambda d\lambda}{\sqrt{k^2 - \lambda^2}} = \pm i \left[\sqrt{k^2 - \lambda^2} \right]_0^k = \mp ik \, .$$

Also war das untere Zeichen richtig, und wir haben bei verschwindendem Realteil von $\sqrt{\lambda^2 - k^2}$ stets den negativ-imaginären Wert der Wurzel zu nehmen.

Sommerfeld zerlegt nun (S. S. 688ff.) die Lösung (11) durch Verschieben des Integrationsweges in der komplexen λ-Ebene in mehrere Summanden, unter denen der Umlauf um den Pol $N = 0$ des Integranden die Oberflächenwellen liefert. Dieser Anteil des Integrals ist aber fortzulassen, sobald der Pol auf einem durch die Vorzeichenvorschriften verbotenen Blatt der Riemannschen Fläche des Integranden liegt, und dieses ist gerade für $\sigma_1 = \sigma_2 = 0$ der Fall (S. S. 691). Man sieht auch unmittelbar leicht ein, daß N [Gleichung (12)] bei reellen k_1, k_2 für keinen komplexen λ-Wert verschwinden kann. Auch bei vorhandener Absorption gibt es innerhalb gewisser Grenzen stets Wertepaare σ_1, σ_2, für die der Pol $N = 0$ nichts zum Integral beiträgt, für die also keine Oberflächenwellen existieren. Wir können also σ_1, σ_2 in der Weise gegen Null streben lassen, daß dabei der Pol dauernd im unzugänglichen Gebiet bleibt.

Für die allein übrigbleibenden Raumwellen gibt Sommerfeld für große r und $z \ll r$ (Nähe der Grenzfläche) die folgende asymptotische Entwicklung [S, Gleichung (33)]:

$$\Pi = Q^{(1)} + Q^{(2)} \tag{15}$$

$$\left.\begin{aligned} Q_1^{(1)} &= \frac{C_1}{r^2} e^{ik_1 r} && z > 0 \\ Q_2^{(1)} &= \frac{C_1'}{r^3} e^{ik_1 r + \sqrt{k_1^2 - k_2^2} z} && z < 0 \end{aligned}\right| \tag{16}$$

mit

$$C_1 = -ik_1 (x_1^2 + x_2^2) \left(\frac{x_2^2}{x_1^4 (k_1^2 - k_2^2)} + \frac{z}{x_1^2 \sqrt{k_1^2 - k_2^2}} \right)$$

$$C_1' = -ik_1 (x_1^2 + x_2^2) \frac{K_2^2}{x_1^4 (k_1^2 - k_2^2)} \, .$$

Die zweite Raumwelle $Q^{(1)}$ erhalten wir hieraus durch Vertauschung von $-z$ mit $+z$ und k_1 mit k_2 [S, Gleichung (34)]. In den Gleichungen (16), die für sich schon die Feldgleichungen und Grenzbedingungen befriedigen, gehen wir nun zu reellen k über, nehmen $k_1 < k_2$ an und beachten, daß für die Wurzel, die ja aus $\sqrt{\lambda^2 - k_2^2}$ hervorging, nach unserer Festsetzung $-i \sqrt{k_2^2 - k_1^2}$ zu schreiben ist. Dann wird

$$\left.\begin{aligned} Q_1^{(1)} &= A \left(iB + \frac{z}{\sqrt{k_2^2 - k_1^2}} \right) e^{ik_1 r} && \text{für } z > 0 \\ & && \text{(dünneres Medium)} \\ Q_2^{(1)} &= iAB e^{i(k_1 r - \sqrt{k_1^2 - k_2^2} z)} && z < 0 \\ & && \text{(dichteres Medium)} \end{aligned}\right| \tag{17}$$

mit

$$A = \frac{k_1}{r^2} \frac{x_1^2 + x_2^2}{x_1^2}, \qquad B = \frac{x_2^2}{x_1^2 (k_2^2 - k_1^2)} \, .$$

4. Diskussion der Lösung (17)

Wir sehen zunächst von der Amplitudenabnahme mit $1/r^2$ ab und ersetzen die Zylinderkoordinate r durch die rechtwinklige Koordinate x, nähern also die wegen des großen r nur schwach gekrümmten Zylinder- und Kegelwellen durch Planwellen an. Dann bedeutet Gleichung (17) folgendes:

Im dünneren Medium pflanzt sich eine inhomogene Planwelle mit der Phasengeschwindigkeit $\frac{\omega}{k_1}$ dieses Mediums parallel zur Grenzfläche fort; die Ebenen gleicher Phase stehen auf der Grenzfläche senkrecht. Die Amplitude setzt sich aus einem konstanten und einem um 90° phasenverschobenen Anteil zusammen; letzterer nimmt der Höhe z proportional zu, natürlich nicht beliebig weit, da $z \ll r$ vorausgesetzt. Diese Welle entspricht also der vorauseilenden Kugelwelle im dünneren Medium des v. Schmidtschen Experiments, die in der hier vorliegenden Näherung als Planwelle erscheint. Die Amplitudenabnahme zur Grenzfläche hin ist auch auf den Schlierenaufnahmen deutlich zu sehen.

Im dichteren Medium läuft dagegen eine homogene Planwelle schräg von der Grenzfläche fort mit der Phasengeschwindigkeit $\frac{\omega}{k_2}$ dieses Mediums[1]). Die Wellenflächen sind die Ebenen

$$k_1 x - \sqrt{k_2^2 - k_1^2}\, z = \text{const}\,.$$

Für den „Brechungswinkel" ϑ, der gleich dem Winkel zwischen Wellen- und Grenzfläche ist, ergibt sich

$$\operatorname{tg}\vartheta = \frac{k_1}{\sqrt{k_2^2 - k_1^2}}\,; \quad \sin\vartheta = \frac{k_1}{k_2} = \frac{n_1}{n_2} = \frac{v_2}{v_1}\,. \tag{18}$$

Er ist also gleich dem Grenzwinkel der Totalreflexion, den v. Schmidt auch an der „Kopfwelle" beobachtet hat. Beide Wellen [Gleichung (17)] setzen sich nach Art der Fig. 2 zusammen.

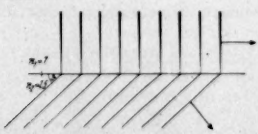

Fig. 2. Die Wellenfronten $Q^{(1)}$ in großer Entfernung vom Ursprung.

Wir müssen nun noch den Anteil $Q^{(2)}$ der Hertzschen Funktion (15) hinzunehmen, wodurch sich eine vollständige Übereinstimmung mit dem v. Schmidtschen Experiment ergibt. Wie man aus Gleichung (16) ersieht, haben wir im dichteren Medium eine streifende, wieder inhomogene Planwelle, entsprechend der nacheilenden Kugelwelle im dichteren Medium der Schlierenaufnahmen. Im dünneren Medium gibt es, da $\sqrt{k_2^2 - k_1^2}$ reell ist, eine in der $-z$-Richtung exponentiell abnehmende streifende Welle, also nur eine „Lichthaut" wie bei der Totalreflexion. Die Kugelwelle im dichteren Medium zieht somit keine „Kopfwelle" nach sich, in Übereinstimmung mit dem Experiment.

Die spezielle Sommerfeldsche Lösung (15), (16) des Telegraphieproblems gibt also tatsächlich die Knallwellenbeobachtungen wenigstens für große Entfernungen von der Quelle wieder, denn sie setzt sich zusammen aus den normalen Raumwellen beider Medien, der „Kopfwelle" im dichteren Medium und einer auf den Aufnahmen nicht hervortretenden „Flankenwelle" im dünneren Medium. Man hat für den v. Schmidtschen Versuch nur die einmalige Knallwelle durch eine entsprechende Überlagerung von unendlichen Sinuswellen mit variablen Amplituden und Frequenzen darzustellen.

Auffällig ist die Amplitudenabnahme mit $1/r^2$, während normale Kugelwellen mit $1/r$ abnehmen. Für die beiden streifenden Wellen, die den normalen Kugelwellen beider Medien entsprechen, wird dies mit zunehmendem Abstand von der Grenzfläche wieder wettgemacht durch das Ansteigen der Amplitude mit z bzw. $-z$.

5. Intensität und Energiestrom

Für das Amplitudenverhältnis K der „Kopfwelle" zur normalen Kugelwelle im einheitlichen Medium $\frac{e^{ikR}}{R}$ folgt aus Gleichung (17)

$$K = \frac{AB}{\frac{1}{r}} = \frac{k_1}{r}\,\frac{(\varkappa_1^2 + \varkappa_2^2)\varkappa_2^2}{\varkappa_1^4}\,\frac{1}{k_2^2 - k_1^2}\,.$$

Setzen wir noch $\mu_1 = \mu_2 = \mu$, so ergibt sich mit Benutzung von Gleichung (5) und $k = \frac{n\omega}{c}$

$$K = \frac{(n_1^2 + n_2^2)n_2^2}{n_1^2(n_2^2 - n_1^2)}\,\frac{c}{\omega r}\,,$$

also wegen $\omega = \frac{2\pi c}{\lambda_0}$

$$K = \frac{(n_1^2 + n_2^2)n_2^2}{n_1^2(n_2^2 - n_1^2)}\cdot\frac{\lambda_0}{2\pi r}\,. \tag{20}$$

Für die Akustik haben wir nach Gleichung (10) zu schreiben:

$$K = \frac{(\varrho_1 + \varrho_2)\varrho_2}{\varrho_1^2(n_2^2 - n_1^2)}\cdot\frac{\lambda_0}{2\pi r}\,. \tag{21}$$

1) Wegen der Berechnung vgl. z. B. G. Joos, Lehrbuch der theoretischen Physik, 2. Aufl., S. 51. Leipzig 1934.

Das Verhältnis ist also im wesentlichen durch $\frac{\lambda_0}{2\pi r}$ gegeben und nimmt mit der reziproken Entfernung ab. Nehmen wir z. B. $\frac{\lambda_0}{r} = \frac{1}{1000}$, also in der Optik $r = 0{,}5$ mm, so folgt größenordnungsmäßig $K = 10^{-4}$, d. h. ein Intensitätsverhältnis 10^{-8}. Hierdurch wird die Beobachtbarkeit der Welle an sichtbarem Licht sehr erschwert, ist aber keineswegs prinzipiell unmöglich.

Bemerkenswert ist das Verhalten des Poyntingschen Vektors $\mathfrak{S}$; die hier vorliegende „krummlinige Energiestrahlung" ist bereits bei Sommerfeld (S. S. 735) kurz erwähnt. Man erhält durch eine einfache Rechnung, die nicht näher ausgeführt sei, aus Gleichung (17) die zeitlichen Mittelwerte

$$\left.\begin{aligned} \mathfrak{S}_x &= \frac{k_1^3\omega}{2\varkappa_1^2} A^2\left(B^2 + \frac{z^2}{k_2^2 - k_1^2}\right) & \mathfrak{S}_z &= -\frac{k_1^2\omega A^2 B}{2\varkappa_1^2\sqrt{k_2^2 - k_1^2}} & z &> 0 \\ \mathfrak{S}_x &= \frac{k_1^3\omega A^2 B^2}{2\varkappa_2^2}\,, & \mathfrak{S}_z &= -\frac{k_1^2\omega A^2 B^2}{2\varkappa_2^2}\sqrt{k_2^2 - k_1^2} = -\frac{k_1^2\omega A^2 B}{2\varkappa_1^2\sqrt{k_2^2 - k_1^2}} & z &< 0\,. \end{aligned}\right\} \quad (22)$$

$\mathfrak{S}_z$ durchsetzt die Grenzfläche also stetig, wie es sein muß. Im dichteren Medium $z < 0$ steht $\mathfrak{S}$ senkrecht auf den Wellenflächen, denn es ist

$$\frac{\mathfrak{S}_x}{\mathfrak{S}_z} = \frac{k_1}{\sqrt{k_2^2 - k_1^2}} = \operatorname{tg}\vartheta\,.$$

Im dünneren Medium $z > 0$ dagegen erhält man für die $\mathfrak{S}$-Linien

$$\frac{dx}{dz} = \frac{\mathfrak{S}_x}{\mathfrak{S}_z} = -k_1\left(B\sqrt{k_2^2 - k_1^2} + \frac{z^2}{B\sqrt{k_2^2 - k_1^2}}\right),$$

also

$$x = -k_1\left(B\sqrt{k_2^2 - k_1^2}\,z + \frac{z^3}{3B\sqrt{k_2^2 - k_1^2}}\right) + \text{const}\,,$$

d. h. eine Schar kubischer Parabeln. Fig. 3 veranschaulicht die Verhältnisse; es strömt also dauernd Energie in das dichtere Medium über.

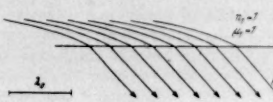

Fig. 3. Kurven der Energieströmung.

6. Schluß

Die vorliegenden Ausführungen sind insofern noch zu speziell, als sie nur für eine in der Grenzfläche befindliche Quelle und auch hier nur für weit entfernte Punkte nahe der Grenzfläche gelten; doch geben sie innerhalb dieses Bereiches die Knallfunkenexperimente von v. Schmidt vollständig wieder. Es kann indessen kaum ein Zweifel darüber bestehen, daß auch in dem allgemeinen und mathematisch noch viel schwierigeren Fall, wo die Quelle einen geringen Abstand von der Grenzfläche besitzt, die Entstehung der „Kopfwelle" auf einem ähnlichen Mechanismus beruht, für den wieder die Inhomogenität der im dünneren Medium streifend verlaufenden Welle wesentlich ist.

Wenn v. Schmidt vermutet, daß auch die Ausbreitung der elektrischen Wellen über die Erde ein solcher „Kopfwelleneffekt" sei, so trifft dies insofern zu, als in den von Sommerfeld 1909 abgeleiteten Ausbreitungsgesetzen die „Kopfwelle" bereits enthalten ist. Allerdings ist gerade die für lange Wellen ausschlaggebende Oberflächenwelle der drahtlosen Telegraphie in der Akustik infolge mangelnder Absorption nicht ausgebildet.

Über die Frage der Anwendbarkeit oder Nichtanwendbarkeit der Fresnelschen Formeln ist folgendes zu sagen: Was stets gilt, ist die Wellengleichung mit den Grenzbedingungen. Eine Folge von ihnen sind für den Fall, daß die Quelle viele Wellenlängen von der Trennfläche entfernt ist, d. h. daß man die Kugelwelle durch eine ebene Welle annähern kann, die Fresnelschen Formeln, deren Anwendbarkeit in der Akustik unter dieser Voraussetzung genau so sicher ist wie in der Optik. Wenn aber die Quelle näher an die Grenzfläche heranrückt, treten die von Sommerfeld abgeleiteten komplizierteren Wellenformen auf, von denen die „Kopfwelle" wieder einen Sonderfall darstellt. Andererseits kann man nach dem Vorgang von Debye jede Kugelwelle als Superposition ebener Elementarwellen auffassen[1]); für diese gelten wieder streng die Fresnelschen Formeln. Da sich jedoch in jedem Punkt Elementarwellen der verschiedensten Richtungen durchkreuzen, läßt die Integralwelle als Ganzes von den Fresnelschen Formeln im allgemeinen nicht mehr viel erkennen.

1) Vgl. H. Weyl, Ann. d. Phys. **60**, 481, 1919.

Göttingen, II. Physikalisches Institut, Februar 1939.

(Eingegangen 17. Februar 1939)

Über die Dispersion des Ultraschalls in Flüssigkeiten

Von F. Matossi

Über die Existenz einer Dispersion der Schallgeschwindigkeit in Flüssigkeiten sind in letzter Zeit einander diametral entgegengesetzte Ansichten geäußert worden. So glaubten z. B. Hiedemann, Seifen und Schreuer[1]) eine Dispersion bei Xylol und Toluol nachgewiesen zu haben, und zwar im Betrage von etwa 1 Promille bei Vergrößerung der Frequenz von 4800 kHz auf 8400 kHz. Bei Wasser beobachteten sie keine Dispersion. Ihre Genauigkeit geben sie mit besser als 10^{-4} an, die Temperatur war auf 0,01° konstant gehalten. Dagegen veröffentlichte Dutta[2]) vor etwa Jahresfrist Beobachtungen, die auf eine Vergrößerung der Schallgeschwindigkeit in Wasser um etwa 1,5 Promille bei Variation der Frequenz von 3000–30000 kHz schließen ließen, während in Toluol und Xylol keine Dispersion vorhanden sein sollte. Genauigkeit und Temperaturkonstanz waren entsprechend denen der Hiedemannschen Angaben. Während der Durchführung der unten zu beschreibenden Versuche wurden Messungen von Schreuer[3]) (3000–10000 kHz) und Bär[4]) (7500 und 53000 kHz) bekannt, die der Duttaschen Behauptung widersprechen, indem sie für Wasser wiederum keine Dispersion ergeben.

Der Nachweis von Ultraschalldispersion der Flüssigkeiten in dem genannten Frequenzgebiet hätte weittragende theoretische Konsequenzen; denn sowohl die Hiedemannschen Angaben über Xylol und Toluol als auch die von Dutta für Wasser können keinesfalls als Relaxationseffekt gedeutet werden, da die mit jeder Relaxationsdispersion zwangsläufig verbundene und unabhängig vom speziellen Relaxationsmechanismus quantitativ festgelegte Absorption viel zu groß ist gegenüber der wirklich beobachteten. Hinzu kommt, daß man das Dispersionsgebiet der Flüssigkeiten erst bei wesentlich höheren Frequenzen vermuten sollte, mag es sich um Einstellung des Gleichgewichtes der inneren molekularen Schwingungen handeln oder auch um die Einstellung der quasikristallinen Struktur der Flüssigkeit, die ebenfalls einen Relaxationseffekt erwarten läßt; erst bei etwa 10^9 Hz sollten Dispersionseffekte gefunden werden[5]). Eine Nachprüfung der Dispersionsmessungen schien daher notwendig, um die tatsächlich vorliegenden Verhältnisse klären zu helfen.

Der Prüfung wurde die von Dutta benutzte Meßmethode zugrunde gelegt. Das heißt, es wurden die nach Debye-Sears in zwei Flüssigkeiten erzeugten Beugungsspektren miteinander verglichen. Das Verhältnis der Abstände der Beugungsstreifen für die beiden Flüssigkeiten liefert bei ein und derselben Frequenz das reziproke Verhältnis der Schallgeschwindigkeiten. Ist dieses Verhältnis unabhängig von der benutzten Schallfrequenz, dann ist, falls die Bezugsflüssigkeit dispersionsfrei ist, keine Dispersion vorhanden. Andernfalls müßten beide Flüssigkeiten genau die gleiche Dispersion besitzen, was aber äußerst unwahrscheinlich ist, insbesondere wenn es sich um chemisch ganz unähnliche Flüssigkeiten handelt. Für die Entscheidung der Frage, ob entweder Xylol oder Wasser Dispersion der Schallgeschwindigkeit aufweisen oder aber ob Xylol und Wasser beide dispersionsfrei sind, ist daher die benutzte Relativmethode vollkommen ausreichend. Sie hat den Vorteil, daß man den Absolutwert der Frequenz nicht genau zu wissen braucht, der mit der notwendigen Genauigkeit von 10^{-4} oder besser nur sehr umständlich zu erhalten ist. Es wird nur verlangt, daß die Frequenz für die Messungen in beiden Flüssigkeiten genügend genau konstant bleibt. Außerdem muß die Temperatur für die Messung in derselben Flüssigkeit bei Variation der Frequenz konstant bleiben mit einer Fehlergrenze von höchstens 0,01°. Völlige Gleichheit der Temperatur in beiden Flüssigkeiten ist nicht notwendig, wenn auch erwünscht. Frequenz- und Temperaturkonstanz wurden in gleicher Weise erhalten und kontrolliert wie bei Dutta. Gleichheit der optischen Bedingungen für alle Messungen war ebenfalls gewährleistet.

Die Ergebnisse der Messungen sind folgende:

1. Bei derselben Temperatur wie bei Duttas Messungen, bei 27° C, konnte dessen Ergebnis, also Dispersion des Wassers, ohne weiteres reproduziert werden. Als jedoch von dieser Temperatur, die etwa 7° über Zimmertemperatur lag, zu Temperaturen übergegangen wurde, die in der Nähe der Zimmertemperatur waren, konnte eine Vergrößerung des Geschwindigkeitsverhältnisses in Wasser und Toluol $\frac{v_W}{v_T}$ mit wachsender Frequenz im allgemeinen nicht mehr beobachtet werden. Die prinzipiell unwesentliche Auswechselung der Bezugsflüssigkeit (statt Toluol wurde in Zukunft Xylol benutzt) änderte an diesem Ergebnis nichts.

1) E. Hiedemann, N. Seifen u. E. Schreuer, Naturwiss. **24**, 681, 1936.
2) A. K. Dutta, Physik. Zeitschr. **39**, 186, 1938.
3) Noch unveröffentlicht; vgl. H. O. Kneser, Physik. Zeitschr. **39**, 800, 1938.
4) R. Bär, Helv. Phys. Acta **11**, 472, 1938.
5) Vgl. P. Debye, Zeitschr. f. Elektrochem. **45**, 174, 1939, und H. O. Kneser, l. c.

2. Unter gewissen Umständen konnten jedoch auch bei Zimmertemperatur Dispersionseffekte reproduzierbar beobachtet werden, und zwar dann, wenn der Schwingquarz möglichst eng mit dem Sender gekoppelt war, also bei großer Schallintensität. Eine systematische Untersuchung bestätigte diese Beobachtung: Je intensiver die Schallwelle war, um so größer war der Dispersionseffekt. Bei sehr geringer Koppelung dagegen verschwand der Effekt, so daß zu vermuten ist, daß die beobachtete Dispersion in diesem wie in früheren Fällen durch Störeffekte vorgetäuscht ist. Die Tabelle I zeigt deutlich die Abhängigkeit der „Dispersion" von der Intensität.

In Tabelle I sind neben den gemessenen Abständen die Temperaturen der Flüssigkeiten und des Wasserbades, das den Flüssigkeitstrog umgab, eingetragen. Die Frequenzen sind nur der Größenordnung nach angegeben. Während nun aus der Duttaschen Dispersionskurve für das Frequenzintervall von 3000–18000 kHz ein Dispersionseffekt von 1 Promille zu erwarten wäre, ist hier für den Fall geringer Koppelung tatsächlich innerhalb einer Fehlergrenze von 0,2 bis 0,3 Promille das Verhältnis $\frac{v_W}{v_X}$ von der Frequenz unabhängig. Dagegen tritt bei starker Koppelung sogar eine noch größere Dispersion als in den früheren Arbeiten auf.

Zu den in Tabelle I enthaltenen Ergebnissen ist noch zu bemerken, daß die Temperaturverhältnisse wegen der besseren Annäherung an Zimmertemperatur wesentlich leichter konstant zu halten waren als bei Dutta, ohne daß jedoch völlige Gleichheit zwischen Zimmer-, Bad- und Flüssigkeitstemperatur erzielt werden konnte, die zur möglichst weitgehenden Herabsetzung von Störungsmöglichkeiten wünschenswert schien. Die Messungen wurden in folgender Reihenfolge vorgenommen:

a) Flüssigkeit *I*, Frequenz ν_1, Temperatur T_1;
b) *I*, ν_2, T_1;
c) *II*, ν_2, T_2;
d) *II*, ν_1, T_2; eventuell noch zur Kontrolle:
e) = a).

ν_1 und ν_2 wurden an zwei unabhängigen Sendern im Verlauf einer Meßreihe ein für allemal fest eingestellt, so daß die Umstellung von ν_1 auf ν_2 nur wenige Sekunden Zeit erforderte. Dagegen vergingen zwischen Messung b) und c) bzw. d) und e) oft mehrere Stunden, bis konstante Temperaturverhältnisse erreicht waren, wobei die Zimmertemperatur Schwankungen unterworfen war, die eine völlig ideale Abgleichung aller Temperaturen verhinderten.

3. Zur Sicherstellung möglichster Gleichheit aller äußeren Umstände der Messung wurde noch folgende Anordnung benutzt:

Xylol wurde über Wasser geschichtet, so daß die Beugungsspektren beider Flüssigkeiten gleichzeitig auf der Platte erschienen. Bei 18000 kHz war die Trennung der Linien groß genug, so daß beide Spektren gleichzeitig aufgenommen werden konnten. Bei der niedrigeren Frequenz dagegen wurde durch eine verschiebbare Blende am Trog jeweils ein Spektrum ausgeblendet, so daß hier die beiden Spektren kurz nacheinander photographiert wurden. Auf diese Weise konnten die notwendigen vier Spektren innerhalb von fünf Minuten vollständig aufgenommen werden. Es war sicher, daß innerhalb dieser Zeit sowohl Temperatur als auch Frequenz keine unzulässige Änderung erlitten hatten. Dies wurde außerdem durch Kontrollmessungen bestätigt. Die Temperaturen von Flüssigkeit, Bad und Raum waren jetzt im allgemeinen sehr gut aufeinander abgeglichen. Die Grenzschicht zwischen Xylol und Wasser störte praktisch nicht. Die Xylollinien waren ein wenig unschärfer als bei den früheren Aufnahmen, besonders bei 18000 kHz; die Gesamtfehlergrenze ist aber nur um ein Geringes gestiegen. Das Ergebnis der Messungen ist in Tabelle II ersichtlich.

Aus Tabelle II folgt ebenso wie aus Tabelle I, daß bei schwacher Intensität keine Dispersion zu beobachten ist. Aber auch bei diesen Messungen ruft größere Intensität einen merklichen „Dispersionseffekt" hervor, der allerdings nicht den gleichen Betrag wie in den früheren Fällen erreicht, da in den übereinandergeschichteten Flüssigkeiten keine so großen Schallintensitäten erzielt werden konnten. Da alle äußeren, thermischen und elektrischen, Umstände für die jeweils zusammengehörigen vier Aufnahmen sicher die gleichen waren, bleibt zur Deutung des von der Intensität abhängigen Dispersionseffekts nur übrig, anzunehmen, daß lokale Erwärmungen in der Flüssigkeit die Störung verursachen. Wie hoch eine solche Erwärmung sein müßte, läßt sich leicht abschätzen. Ein Vergleich von Tabelle I, Zeile e) und f), mit Tabelle II zeigt, daß $\frac{v_W}{v_X}$ für einen Temperaturunterschied von 2° C um etwa 1,25 Proz. zunimmt. Diese Zunahme entspricht etwa der, die man aus der Temperaturabhängigkeit von Dichte und Kompressibilität für Wasser und Toluol und Messungen anderer Autoren abschätzen kann[1]) (für

1) Vgl. N. Seifen, Zeitschr. f. Phys. **108**, 681, 1938, und R. Bär, l. c.

Xylol fehlen entsprechende Daten). Mit diesem Temperaturkoeffizienten ist auch der eine Wert von $\frac{v_W}{v_X}$ in Tabelle II, Zeile d), reduziert worden. Zur Deutung der „Dispersionseffekte" von 1 Promille müßte man demnach eine lokale Erwärmung um etwa 0,2° während der Messung bei hohen Frequenzen annehmen. Das scheint allerdings reichlich hoch, wenn auch nicht unmöglich, da es sich ja nur um Erwärmung in einem kleinen Bereich der Flüssigkeit handelt[1]). Bemerkt sei noch, daß die Schallquelle in etwa 4 cm Entfernung vom Beobachtungsfeld in einem abgeschlossenen Gefäß angebracht war, eine unmittelbare Störung durch den Temperaturgradienten in der Nähe des Quarzes scheint also ausgeschlossen.

Nach allem scheint nun erwiesen zu sein, daß weder in Wasser noch in Xylol eine Ultraschalldispersion in dem Frequenzgebiet um 10^7 Hz vorhanden ist. Diese Aussage gilt mit einer Genauigkeit von 0,2–0,3 Promille. Legt man der Aussage den Mittelwert aller Dispersionseffekte zu Grunde (bei schwacher Koppelung), so verschärft sich die Genauigkeit auf 0,1 Promille. Die Genauigkeit der Messung ist dabei nur durch unvermeidbare kleine Ungleichmäßigkeiten in der Temperaturverteilung selbst bei sehr schwacher Schallintensität und die dadurch bedingte Linienunschärfe begrenzt. Alles andere, Frequenzkonstanz (besser als 10^{-4}), Konstanz der mittleren Flüssigkeitstemperatur (0,01°, entsprechend $0{,}6 \cdot 10^{-4}$), Ablesegenauigkeit des Komparators (10^{-4} mm, entsprechend einer Genauig-

Tabelle I

Kopplung	Temperaturen des Bades (Z.-T.)	Temperaturen der Flüssigkeit	Substanz	Frequenz in kHz	Abstände[2]) (mm)	$\frac{v_W}{v_X}$	Dispersionseffekt
a) stark	22,92	23,18	X	18000	11,880 (1)	1,1221	1,002
		22,77	W		10,587 ± 1 · 10⁻³ (1)		
	(22,7)	23,19	X	3000	2,101 (4)	1,1200	
		22,77	W		1,876 ± 5 · 10⁻⁴ (3)		
b) mittel	23,37	23,42	X	18000	11,894 (1)	1,1221	1,0007
		23,42	W		10,600 ± 1 · 10⁻³ (1)		
	(22,9)	23,42	X	3000	2,0883 ± 1,5 · 10⁻⁴ (3)	1,1214	
		23,42	W		1,8622 ± 3 · 10⁻⁴ (2)		
c) schwach	22,95	22,92	X	18000	11,865 (1)	1,1206	1,0006 ± 3 · 10⁻⁴
		22,75	W		10,588 ± 1 · 10⁻³ (1)		
	(22,7)	22,92	X	3000	2,1010 (4)	1,1200	
		22,75	W		1,8760 ± 5 · 10⁻⁴ (3)		
d) s. schwach	23,31	23,25	X	18000	11,846 (1)	1,1208	0,9999 ± 3 · 10⁻⁴
		23,17	W		10,569 ± 1 · 10⁻³ (1)		
	(23,30)	23,25	X	3000	1,9412 ± 5 · 10⁻⁴ (3)	1,1209	
		23,17	W		1,7319 ± 1 · 10⁻⁴ (2)		
e) s. schwach	23,37	23,42	X	18000	11,839 (1)	1,1227	1,0000 ± 2 · 10⁻⁴
		23,26	W		10,545 ± 1 · 10⁻³ (1)		
	(22,9)	23,42	X	3000	1,9025 ± 4 · 10⁻⁴ (4)	1,1227	
		23,26	W		1,6945 ± 2 · 10⁻⁴ (2)		
f) s. schwach	23,35	23,35	X	18000	11,834 (1)	1,1228	1,0003 ± 3 · 10⁻⁴
		23,27	W		10,540 ± 1 · 10⁻³ (1)		
	(22,8)	23,35	X	3000	1,9384 ± 5 · 10⁻⁴ (2)	1,1225	
		23,27	W		1,7270 ± 3 · 10⁻⁴ (2)		

1) Um Mißverständnisse zu vermeiden, sei bemerkt, daß unregelmäßige Temperaturschwankungen, die die Linienschärfe beeinträchtigen, nicht diesen hohen Betrag erreicht haben können.
2) Die eingeklammerten Zahlen geben die zur Messung benutzte Ordnung des Beugungsspektrums an.

Tabelle II

Kopplg.	Temperatur d. Bades (Z.-T.)	Temperatur d. Flüss.	Substanz	Frequ. (kHz)	Abstände[1]) (mm)	v_W / v_X	Dispersionseffekt	Bemerkungen
a) stark	21,40	21,37	X	18000	11,805 | ± 1,5 · 10⁻³ (1)	1,1105 ± 2 · 10⁻⁴		
			W		10,630 | ± 1,5 · 10⁻³ (1)			
	(21,40)		X	3000	2,0689 ± 6 · 10⁻⁴ (4)	1,1100 ± 3,5 · 10⁻⁴	1,0005 ± 4 · 10⁻⁴	
			W		1,8639 ± 5 · 10⁻⁴ (2)			
b) schw.	21,40	21,38	X	18000	11,777 ± 1,5 · 10⁻³ (1)	1,1098 ± 1,5 · 10⁻⁴		
			W		10,612 ± 5 · 10⁻⁴ (1)			
	(21,40)		X	3000	1,9647 ± 4 · 10⁻⁴ (2)	1,1101 ± 3 · 10⁻⁴	0,9997 ± 3 · 10⁻⁴	
			W		1,7698 ± 6 · 10⁻⁴ (1)			
c) schw.	21,35	21,37	X	18000	11,806 ± 2 · 10⁻³ (1)	1,1101 ± 2 · 10⁻⁴		
			W		10,635 ± 8 · 10⁻⁴ (1)			
	(21,35)		X	3000	1,9645 ± 3 · 10⁻⁴ (2)	1,1101 ± 3 · 10⁻⁴	1,0000 ± 3,5 · 10⁻⁴	
			W		1,7700 ± 5 · 10⁻⁴ (1)			
d) schw.	21,50 (21,50)	21,50	X	18000	11,787 ± 1 · 10⁻³ (1)	1,1105 ± 1,5 · 10⁻⁴		bei 18000 kHz auf T = 21,40 reduziert: 1,1099
			W		10,614 ± 7 · 10⁻⁴ (1)			
	21,40 (21,40)	21,40	X	3000	1,8900 ± 1 · 10⁻³ (1)	1,1102 ± 5 · 10⁻⁴	0,9997 ± 5 · 10⁻⁴ (mit reduziertem v_W/v_X berechnet)	
			W		1,7025 ± 5 · 10⁻⁴ (1)			

1) Die eingeklammerten Zahlen geben die zur Messung benutzten Ordnungen des Beugungsspektrums an.

keit von etwa $0{,}7 \cdot 10^{-4}$ im Spektrum erster Ordnung bei 3000 kHz), ließe ohne weiteres noch eine höhere Genauigkeit zu.

Ultraschalldispersion kann daher, wie auch theoretisch zu erwarten ist, erst im Gebiet höherer Frequenzen eintreten, wo ja inzwischen durch die Untersuchung von Rao[1]) über die Aufspaltung der Streustrahlung durch Braggsche Reflexion an Wärmewellen die Existenz einer erhöhten Schallgeschwindigkeit wahrscheinlich gemacht wurde.

Herrn Prof. Dr. Dr. h. c. P. Debye sage ich aufrichtig Dank für die mir in seinem Institut gewährte freundliche Aufnahme und sein Interesse an der vorliegenden Arbeit.

1) B. V. Raghavendra Rao, Proc. Ind. Ac. Sci. **7**, 163, 1938.

Berlin-Dahlem, Max-Planck-Institut, im März 1939.

(Eingegangen 15. März 1939)

BERICHTE

Künstliche Radioaktivität IV

Von K. Diebner und E. Graßmann

Es wurden bisher drei zusammenfassende Berichte über „Künstliche Radioaktivität“[1]) von den Verfassern in dieser Zeitschrift veröffentlicht. Da die Fortsetzungen in verschiedenen Jahrgängen jeweils als Ergänzung erscheinen mußten, ist eine Zusammenfassung aller Berichte in Form eines Nachschlagewerkes[2]) erschienen.

Die Abhandlung IV enthält in Fortsetzung der bisherigen Berichte die bis etwa Ende 1938 erzielten Ergebnisse, wie sie in übersichtlicher Form auch in der oben angeführten Zusammenfassung[2]) berücksichtigt sind.

In der vorliegenden Fortsetzung werden nur die Elemente angeführt, die entweder erst neuerdings aktiviert werden konnten (Ordnungszahl und Symbol doppelt unterstrichen), oder bei

1) K. Diebner und E. Graßmann, Physik. Zeitschr. **37**, 359, 1936; **38**, 406, 1937; **39**, 469, 1938.
2) Künstliche Radioaktivität (experimentelle Ergebnisse) von K. Diebner und E. Graßmann, Verlag S. Hirzel, 1939.

denen Ergänzungen erforderlich waren (einfach unterstrichen). Die Literaturstellen sind in Klammern angegeben.

Die Einteilung ist die der bisherigen Berichte:

I. Künstliche Radioaktivität durch α-Strahlen.
II. Künstliche Radioaktivität durch Protonen.
III. Künstliche Radioaktivität durch Deutonen.
IV. Künstliche Radioaktivität durch Neutronen.
V. Künstliche Radioaktivität durch γ-Strahlen.

I. Künstliche Radioaktivität durch α-Strahlen

9. *F.* Die bekannte, auf das aktive $^{22}_{11}Na$-Isotop zurückgeführte Fluoraktivität wurde von Saha (374) untersucht, ohne daß es gelang, die lange Halbwertszeit genauer zu erfassen.

Es zeigten sich für die Anregung der Aktivität Resonanzstellen bei folgenden Werten:

Reichweite der auftreffenden α-Teilchen in cm bei 15° und 760 mm:

1,90 2,33 2,77 3,03 3,39 3,65

Energie der auftreffenden α-Teilchen in 10^6 eV:

3,31 3,81 4,29 4,56 4,91 5,16

Die Ausbeute betrug $4{,}0 \cdot 10^{-6}$ aktive Atome pro α-Teilchen und die Mindestenergie zur Aktivierung $2{,}8–3{,}1 \cdot 10^6$ eV.

11. *Na.* Die einzige bei Natrium durch Beschießung mit α-Teilchen auftretende Aktivität war schon seit langem bekannt. Brandt (410) maß die obere Grenze der emittierten Positronen zu $1{,}5 \cdot 10^6$ eV – bisheriger Wert $1{,}8 \cdot 10^6$ eV – und bei α-Teilchen von $6{,}7 \cdot 10^6$ eV eine Ausbeute von $0{,}72 \cdot 10^{-6}$ aktive Atome pro α-Teilchen.

13. *Al.* In Aluminium wird durch α-Teilchen ebenfalls nur eine einzige Periode angeregt. Nach früheren Messungen hatte sich eine Ausbeute von $1{,}6 \cdot 10^{-5}$ aktiven Atomen pro α-Teilchen ergeben, wenn α-Teilchen von $9 \cdot 10^6$ eV verwandt wurden. Beträgt die α-Teilchen-Energie nur $6{,}7 \cdot 10^6$ eV, so nimmt, wie es Brandt (410) fand, die Ausbeute auf $1{,}2 \cdot 10^{-6}$ aktive Atome pro α-Teilchen ab.

15. *P.* Die Halbwertszeit der Phosphoraktivität – das aktive Isotop ist $^{34}_{17}Cl$ – wurde von Brandt (410) in Übereinstimmung mit der letzten diesbezüglichen Messung zu 32,7 min bestimmt. Die Ausbeute an aktiven Atomen ist gering. Bei den verwendeten α-Teilchen von $6{,}7 \cdot 10^6$ eV betrug sie nur $1{,}3 \cdot 10^{-8}$ aktive Atome pro α-Teilchen, während sie früher bei α-Teilchen von $9 \cdot 10^6$ eV zu $3{,}4 \cdot 10^{-8}$ aktive Atome pro α-Teilchen gemessen worden war.

19. *K.* Die bekannten Kaliumaktivitäten von 4 h und 52 h sind nach den neueren Untersuchungen von Cork u. a. (407) beide dem isomeren Kern $^{44}_{21}Sc$ zuzuordnen.

20. *Ca.* Die Halbwertszeit der auf den Kern $^{43}_{21}Sc$ zurückgehenden Kalziumaktivität wurde von Saha (374) zu 4,4 h in Einklang mit den bisherigen Werten bestimmt. Bei Verwendung von *Po*-α-Teilchen von $5{,}3 \cdot 10^6$ eV trat keine Anregung ein.

23. *V.* Livingood u. a. (375) fanden bei Vanadium neben einer Zahl kürzerer Aktivitäten von noch ungeklärter Herkunft eine solche langer Halbwertszeit. Möglicherweise ist letztere auf den Kern $^{54}_{25}Mn$ zurückzuführen, der in dem Prozeß

$$^{51}_{23}V + ^{4}_{2}\alpha \rightarrow ^{54}_{25}Mn + ^{1}_{0}n$$
$$^{54}_{25}Mn + e^- \rightarrow ^{54}_{24}Cr$$

gebildet werden und nach neueren Untersuchungen (siehe $_{24}Cr + ^{2}_{1}D$, $_{26}Fe + ^{2}_{1}D$) durch Einfangen eines Elektrons der Atomhülle mit einer Halbwertszeit von 310 d zerfallen kann.

Die von früher her bekannten Perioden von 1,2 min und 67 min sind nicht näher untersucht worden.

24. *Cr.* Chrom hat zwei Perioden, deren Halbwertszeiten mit 8,9 min und 2,6 h (409) bzw. 2,59 h (375) von Livingood u. a. bestätigt wurden.

25. *Mn.* Eine Aktivität des Mangans bei Beschießung mit α-Teilchen ist erst neuerdings von Livingood u. a. (376) beobachtet worden. Es zeigte sich eine Periode von 80 d.

26. *Fe.* Die Aktivierungsmöglichkeit des Eisens wurde ebenfalls erst in neuerer Zeit und wiederum von Livingood u. a. (411) entdeckt. Sie fanden eine Halbwertszeit von 36 ± 2 h, die sie dem Prozeß

$$^{54}_{26}Fe + ^{4}_{2}\alpha \rightarrow ^{57}_{28}Ni + ^{1}_{0}n$$
$$^{57}_{28}Ni \rightarrow ^{57}_{27}Co + e^+$$

zuordneten. Das aktive Nickelisotop wurde chemisch nachgewiesen und die obere Grenze der Positronenenergie zu $0{,}67 \cdot 10^6$ eV gemessen.

30. *Zn.*

1. Die bekannte Zinkperiode von 20 min mit dem aktiven Isotop $^{70}_{31}Ga$ wurde von Mann (378) bestätigt.

Für die obere Grenze des Elektronenspektrums fand Mann jedoch mit $5{,}0 \cdot 10^6$ eV einen von dem bisherigen – $2{,}6 \cdot 10^6$ eV – abweichenden Wert.

Bei α-Teilchen von $17 \cdot 10^6$ eV war die Ausbeute $9 \cdot 10^{-6}$ aktive Atome/α-Teilchen.

2. Die früher zu 32 h angegebene Periode wurde von Mann (378) zu 37 h gemessen, wobei ihr aktiver Bestandteil chemisch als *Ge*-Isotop nachgewiesen werden konnte. Eventuell ist sie identisch mit der bei Beschießung von Germanium durch Neutronen auftretenden Periode von 26 h.

Der neue Wert von $1{,}0 \cdot 10^6$ eV für die obere Energiegrenze des β-Spektrums steht mit dem bisherigen von $1{,}2 \cdot 10^6$ eV in guter Übereinstimmung.

3. Zink zeigte in früheren Untersuchungen eine Aktivität von 55 h. Aktivitäten gleicher Größenordnung treten bei Zink durch Beschießen mit Protonen (82 h) und durch Deutonen (83 h und 97 h) auf. Alvarez (377) hält diese vier Aktivitäten für identisch und führt sie auf das aktive Isotop $^{67}_{31}Ga$ zurück, letzteres in Einklang mit den Ergebnissen früherer und neuerer, von Mann (378) durchgeführter chemischer Versuche. Letzterer erhält jedoch als Halbwertszeit 79 ± 2 h.

Der Zerfall des Kerns $^{67}_{31}Ga$ geht nach Alvarez (377) vorwiegend durch das Einfangen eines Elektrons der *K*-Schale vor sich.

Mann (378) bestimmt noch die Ausbeute zu $3 \cdot 10^{-7}$ aktiven Atomen/α-Teilchen bei einer Energie von $17 \cdot 10^6$ eV.

4. In den Untersuchungen von Mann (378) trat ferner eine Aktivität von etwa 195 d Halbwertszeit auf, die wahrscheinlich auf ein *Ge*-Isotop zurückgeht, eventuell auf $^{67}_{32}Ge$.

II. Künstliche Radioaktivität durch Protonen

5. *B.* Die früheren Versuchsergebnisse über die Aktivierungsmöglichkeit des Bors durch Protonen widersprachen sich. Jetzt ist sichergestellt, daß durch den von Maier-Leibnitz (380) angegebenen Prozeß:

$$^{10}_{5}B + {}^{1}_{1}H \rightarrow {}^{7}_{4}Be + {}^{4}_{2}\alpha$$
$$^{7}_{4}Be + e^- \rightarrow {}^{7}_{3}Li$$

– wobei also das aktive Isotop $^{7}_{4}Be$ zur Umwandlung ein Elektron der Atomhülle einfängt – eine Aktivität erzeugt werden kann. Roberts u. a. (379) geben für die Halbwertszeit an, daß sie lang sei, Rumbaugh u. a. (381) bestimmten sie zu 43 ± 6 d.

Letztere wiesen ebenso wie Maier-Leibnitz (380) eine γ-Strahlung von $0{,}425 \cdot 10^6$ eV nach.

6. *C.* In den früheren Untersuchungen fanden sich für die Anregung der Kohlenstoffaktivität die Anzeichen für eine Resonanzstelle bei etwa 450–480 ekV. Neuere Messungen von Dee u. a. (382) bestätigen dies und ergeben eine Resonanzstelle bei 470 ekV.

7. *N.* Du Bridge u. a. (371) hatten kürzlich eine Periode von 2,1 min gefunden, die sie dem Kern $^{15}_{8}O$ zuordneten, aber durch Beschießung von Sauerstoff erhalten zu haben glaubten. In einer neueren Veröffentlichung (387) führen sie jedoch die Bildung des aktiven Sauerstoffkerns auf ein Stickstoffisotop als Ausgangskern zurück gemäß der Umwandlungsgleichung:

$$^{14}_{7}N + {}^{1}_{1}H \rightarrow {}^{15}_{8}O + \gamma$$
$$^{15}_{8}O \rightarrow {}^{15}_{7}N + e^+.$$

Die Halbwertszeit wird genauer zu 126 s angegeben.

8. *O.* Für die beiden Perioden des Sauerstoffes geben Livingood u. a. (387) die Halbwertszeiten von 1,23 min und 107 min an und berichten, daß die Perioden noch durch Protonenenergien von $1{,}6 \cdot 10^6$ eV bzw. $2{,}6 \cdot 10^6$ eV angeregt werden.

12. *Mg.* Entgegen den bisherigen Versuchsergebnissen konnten Ridenour u. a. (383) Magnesium aktivieren. Sie fanden zwei Perioden:

1. Von 20 min Halbwertszeit mit Positronenemission, deren aktiver Bestandteil als Aluminiumisotop chemisch nachgewiesen und als $^{24}_{13}Al$ oder $^{25}_{13}Al$ vermutet wurde.
2. Von einigen Stunden Halbwertszeit.

13. *Al.* Auch Aluminium zeigt in Widerspruch zu den früheren Ergebnissen in der Untersuchung von Sherr u. a. (384) eine Aktivität.

20. *Ca.* Die bei der Aktivierung von Kalzium vorliegenden Verhältnisse wurden durch Ridenour u. a. (383) geklärt. Es bestehen drei Perioden:

1. Von etwa 70 min gemäß dem Umwandlungsprozeß:

$$^{40}_{20}Ca + {}^{1}_{1}H \rightarrow {}^{41}_{21}Sc + \gamma$$
$$^{41}_{21}Sc \rightarrow {}^{41}_{20}Ca + e^+.$$

2. Von etwa 3,3 h, mit Positronenemission, als deren aktives Isotop $^{42}_{21}Sc$ oder $^{43}_{21}Sc$ vermutet wird.
3. Von mehr als 32 h, ebenfalls mit Positronenemission, deren aktives Isotop vermutlich $^{44}_{21}Sc$ ist.

24. *Cr.* Die Aktivierungsmöglichkeit des Chroms wurde von Sherr u. a. (384) bestätigt. Die Halbwertszeit bestimmten Du Bridge u. a. (387) zu 42 min; der frühere Meßwert lag bei 40 min.

26. *Fe.* Bei Eisen wurden von Livingood u. a. (376) neuerdings zwei Perioden gefunden

von 18 h und 180 d Halbwertszeit. Erstere geht wahrscheinlich auf den Kern $^{55}_{27}Co$ zurück.

27. *Co.* Neben der bekannten Aktivität von 14,3 min fanden Du Bridge u. a. (387) bei Kobalt eine weitere Periode von 2,5 h Halbwertszeit. Eine Aktivität wurde auch von Sherr u. a. (384) beobachtet.

28. *Ni.* Die Aktivierung des Nickels war in früheren und in neueren, von Sherr u. a. (384) durchgeführten Versuchen erreicht worden. Durch die eingehenden Untersuchungen von Ridenour u. a. (383), White u. a. (412) und Strain u. a. (386) sind die Verhältnisse jedoch erst klargestellt worden. Es bestehen folgende Perioden:

1. Von 80 ± 2 s gemäß dem Prozeß:

$$^{58}_{28}Ni + ^{1}_{1}H \rightarrow ^{58}_{29}Cu + ^{1}_{0}n$$
$$^{58}_{29}Cu \rightarrow ^{58}_{28}Ni + e^{+} \quad (383).$$

2. Von 7,9 ± 0,6 min gemäß:

$$^{60}_{28}Ni + ^{1}_{1}H \rightarrow ^{60}_{29}Cu + ^{1}_{0}n$$
$$^{60}_{29}Cu \rightarrow ^{60}_{30}Zn + e^{-} \quad (383).$$

3. Von 10,5 min gemäß:

$$^{62}_{28}Ni + ^{1}_{1}H \rightarrow ^{62}_{29}Cu + ^{1}_{0}n$$
$$^{62}_{29}Cu \rightarrow ^{62}_{28}Ni + e^{+} \quad (386).$$

4. Von 3,4 h (383) (386) – der frühere Wert war 3,2 h –, wobei diese Periode bei einer Protonenenergie von weniger als $1{,}9 \cdot 10^6$ eV einsetzt (412).
5. Von 12,8 h (383) (386) – früher zu 12 h gemessen –, deren Anregung eine Protonenenergie von $2{,}1 \cdot 10^6$ eV voraussetzt (412).

29. *Cu.* Die erst in letzter Zeit von Ridenour u. a. (383), Sherr u. a. (384), Barnes u. a. (385) und Strain u. a. (386) erreichte Aktivierung des Kupfers zeigt zwei Perioden:

1. Von 38 ± 1 min (383, 386) gemäß dem von Ridenour (383) angegebenen Prozeß:

$$^{63}_{29}Cu + ^{1}_{1}H \rightarrow ^{63}_{30}Zn + ^{1}_{0}n$$
$$^{63}_{30}Zn \rightarrow ^{63}_{29}Cu + e^{+}.$$

2. Von etwa 7 mo (385) und Alvarez (377). Nach Alvarez (377) ist als aktiver Bestandteil das Isotop $^{65}_{30}Zn$ zu vermuten, das gleichzeitig entweder durch Positronenemission oder durch Einfangen eines Elektrons der *K*-Schale zerfällt. Die Aktivität wird nach Barnes u. a. (385) von einer starken γ-Strahlung begleitet.

30. *Zn.* Die bei der Aktivierung von Eisen vorliegenden Verhältnisse wurden weitgehend geklärt. Es stehen folgende Aktivitäten fest:

1. Von 68 min nach den Untersuchungen von Du Bridge u. a. (371) (387). Als Umwandlungsprozeß hat

$$^{68}_{30}Zn + ^{1}_{1}H \rightarrow ^{68}_{31}Ga + ^{1}_{0}n$$
$$^{68}_{31}Ga \rightarrow ^{68}_{30}Zn + e^{+}$$

zu gelten, wobei ein aktives *Ga*-Isotop chemisch nachgewiesen wurde (387).

Die obere Grenze der Positronenenergie liegt bei $1{,}85 \cdot 10^6$ eV, die Anregung setzt bei Protonenenergien von $3{,}6 \cdot 10^6$ eV ein (387).

2. Von 18,2 min, ebenfalls nach Du Bridge u. a. (371) (387). Die Umwandlung erfolgt gemäß dem Prozeß:

$$^{70}_{30}Zn + ^{1}_{1}H \rightarrow ^{70}_{31}Ga + ^{1}_{0}n$$
$$^{70}_{31}Ga \rightarrow ^{70}_{32}Ge + e^{-}.$$

Der aktive Bestandteil wurde als Gallium chemisch nachgewiesen und außerdem festgestellt, daß die Aktivität bei Protonenenergien von $1{,}6 \cdot 10^6$ eV einsetzt (387).

3. Von 82 h (387), die mit Elektronenemission verbunden ist (386).

Durch chemische Untersuchungen von Du Bridge u. a. (387) erwies sich Gallium als Träger der Aktivität. Während sie auch für diese Aktivität den Kern $^{70}_{31}Ga$, der somit isomer sein müßte, verantwortlich machten, vermutet Alvarez (377) die Ursache der Aktivität in der Bildung des Kerns $^{67}_{31}Ga$, wobei er die Perioden von

83 h bei Beschießung von *Zn* mit Deutonen,
97 h bei Beschießung von *Zn* mit Deutonen,
55 h bei Beschießung von *Zn* mit α-Teilchen und
82 h bei Beschießung von *Zn* mit Protonen

identifiziert.

34. *Se.* Selen, dessen schon früher gefundene Aktivierungsmöglichkeit von Sherr u. a. (384) bestätigt wurde, hat auf Grund der neuesten Untersuchungen folgende Perioden:

1. Von 17,4 min und 4,45 h nach Du Bridge u. a. (387) – die früheren Messungen hatten 17 min und 18 min bzw. 4 h ergeben –, die beide dem isomeren Kern $^{80}_{35}Br$ zugeordnet werden müssen.
2. Von 33 h nach Du Bridge u. a. (387) – der bisherige Wert lag bei 36 h.
3. Von 6,3 min. Diese Periode wurde erst neuerdings von Strain u. a. (386) gefunden und dem Prozeß:

$$^{78}_{34}Se + ^{1}_{1}H \rightarrow ^{78}_{35}Br + ^{1}_{0}n$$
$$^{78}_{35}Br \rightarrow ^{78}_{34}Se + e^{+}$$

zugeordnet.

42. *Mo.* Sherr u. a. (384) stellten in Molybdän eine Aktivität fest, ohne sie aber näher zu untersuchen.

46. *Pd.* Die eine der beiden bekannten Palladiumaktivitäten wurde von Du Bridge u. a. (387) zu 24,4 min in Übereinstimmung mit dem früheren Wert von 25 min gemessen.

47. *Ag.* Entgegen den früheren Versuchsergebnissen konnte Silber von Sherr u. a. (384), Ridenour u. a. (383) und White u. a. (412) aktiviert werden. Es zeigte sich

1. Eine starke Periode von 6,67 h (383) (412), als deren aktives Isotop chemisch ein Kadmiumisotop festgestellt und $^{107}_{48}Cd$ oder $^{109}_{48}Cd$ vermutet wurde. Die obere Grenze des β-Spektrums betrug nur $0{,}25 \cdot 10^6$ eV. Die Anregung erfolgte erst bei einer Protonenenergie von $2{,}4 \cdot 10^6$ eV.
2. Eine schwache Periode von einigen Minuten Halbwertszeit (383).

48. *Cd.* Die Untersuchungen von Du Bridge u. a. (387) haben bei Kadmium folgende Perioden aufgezeigt:

1. Von 70 s, als deren Entstehungsprozeß

$$^{113}_{48}Cd + {}^{1}_{1}H \rightarrow {}^{112}_{49}In + {}^{1}_{0}n$$
$$^{112}_{49}In \rightarrow {}^{112}_{50}Sn + e^-$$

mit dem als isomer bekannten aktiven Kern $^{112}_{49}In$ angesehen wird.
2. Von 6 min.
3. Von 37 min.
4. Von 128 min, deren Ursache in der Bildung des aktiven Kerns $^{117}_{94}In$ gesucht wird.

III. Künstliche Radioaktivität durch Deutonen

3. *Li.* Neben der bekannten, auf das aktive Isotop $^{8}_{3}Li$ zurückgehenden Lithiumaktivität — sie war Gegenstand einer eingehenden Untersuchung von Rumbaugh u. a. (381) und Smith u. a. (413) — wurde von Rumbaugh (381) und Roberts u. a. (379) eine weitere Periode von 43 ± 6 d beobachtet. Ihr Entstehungsprozeß ist:

$$^{6}_{3}Li + {}^{2}_{1}D \rightarrow {}^{7}_{4}Be + {}^{1}_{0}n$$
$$^{7}_{4}Be + e^- \rightarrow {}^{7}_{3}Li\,.$$

Der aktive *Be*-Kern wandelt sich durch Einfangen eines Elektrons der Atomhülle in den Kern $^{7}_{3}Li$ um, der ein Anregungsniveau von $0{,}45 \cdot 10^6$ eV hat (379) und infolgedessen eine γ-Strahlung aussendet. Sie wurde von Rumbaugh u. a. (381) zu $0{,}425 \cdot 10^6$ eV gemessen.

Die Richtigkeit des angenommenen Umwandlungsprozesses wurde durch chemischen Nachweis bestätigt (381).

6. *C.* Bei der auf den aktiven Kern $^{13}_{7}N$ zurückgeführten Kohlenstoffaktivität wurde neben der bekannten γ-Strahlung von $0{,}5 \cdot 10^6$ eV, die als Vernichtungsstrahlung des in der Aktivität emittierten Positrons gedeutet worden war, eine solche von $0{,}3 \cdot 10^6$ eV von Richardson (388) beobachtet.

8. *O.* Sauerstoff hat nach früheren Messungen eine Periode von 70 s Halbwertszeit. Yasaki u. a. (414) geben als Halbwertszeit 90 s an und beobachteten eine weitere Periode von 120 min, die mit einer Emission von Positronen der oberen Energiegrenze von $0{,}7 \cdot 10^6$ eV verbunden ist. Als aktives Isotop wird $^{18}_{9}F$ vermutet.

9. *F.* Die bereits bekannte Fluoraktivität wurde in zwei Arbeiten von Burcham u. a. (389) (390) näher untersucht.

Dabei konnte die bisherige Halbwertszeit von 12 s durch den neuen Wert (390) von 12,4 s bestätigt werden, ebenso entsprach der neue Wert für die obere Grenze der Elektronenenergie von $5{,}2 \cdot 10^6$ eV (389) (390) den früheren Daten.

Mit der Aktivität war eine aus mehreren Linien zwischen 1,0 und $2{,}4 \cdot 10^6$ eV bestehende γ-Strahlung verbunden (390).

Früher wurden dem unter Protonenabspaltung vor sich gehenden Bildungsprozeß des aktiven Fluorkerns die Protonengruppen von 10 und 15,5 cm Reichweite zugeschrieben. Die Untersuchung von Burcham u. a. (390) hat jedoch erwiesen, daß diese beiden Gruppen nicht von der Beschießung des Fluors stammen. Es käme aber hierfür eventuell eine Protonengruppe von 11,6 cm Reichweite in Betracht.

21. *Sc.* Die Halbwertszeit der bekannten, auf den Kern $^{46}_{21}Sc$ zurückgeführten Skandiumaktivität wurde von Cork u. a. (407) zu 88 d gemessen, während der frühere Wert bei 85 d lag.

22. *Ti.* Williams u. a. (391) geben als Ergebnis neuerer Untersuchungen über die Aktivität des Titans an, daß Titan eine Periode langer Halbwertszeit besitzt, deren aktiver Kern sich durch Einfangen eines Elektrons der Atomhülle umwandelt.

24. *Cr.* Bei Chrom waren zwei Perioden von 46 min und 16 d bekannt. Erstere wurde durch die Arbeiten von Livingood u. a. (375) in ihrer Halbwertszeit bestätigt. Abweichend von der früheren Deutung wird die Aktivität jetzt dem Kern $^{51}_{25}Mn$ zugeschrieben, der durch folgenden Prozeß:

$$^{50}_{24}Cr + {}^{2}_{1}D \rightarrow {}^{51}_{25}Mn + {}^{1}_{0}n$$
$$^{51}_{25}Mn \rightarrow {}^{51}_{24}Cr + e^+$$

entstehen soll. Der Endkern $^{51}_{24}Cr$ ist jedoch als stabiler Kern unbekannt.

Die obere Grenze der Positronenenergie lag bei $2 \cdot 10^6$ eV.

Gleichzeitig kann der aktive Kern sich durch Einfangen eines Elektrons umwandeln, und die entstehende γ-Strahlung führt durch inneren Photoeffekt zu der beobachteten zusätzlichen Emission von Elektronen.

Außerdem trat eine γ-Strahlung von $0{,}5 \cdot 10^6$ eV auf, zweifellos die Vernichtungsstrahlung der Positronen.

Von Livingood u. a. (375) wurde eine dritte neue Periode von 310 d Halbwertszeit gefunden. Chemisch zeigte sich ein *Mn*-Isotop als aktiver Bestandteil und führte zu der Annahme des folgenden Umwandlungsprozesses:

$$^{53}_{24}Cr + {}^{2}_{1}D \rightarrow {}^{54}_{25}Mn + {}^{1}_{0}n$$
$$^{54}_{25}Mn + e^- \rightarrow {}^{54}_{24}Cr.$$

25. *Mn*. Eine Aktivität des Mangans bei Beschießung mit Deutonen war bisher nicht bekannt. Livingood u. a. (375) konnten eine solche von 2,59 h Halbwertszeit erzeugen und erklärten sie durch folgenden Prozeß:

$$^{55}_{25}Mn + {}^{2}_{1}D \rightarrow {}^{56}_{25}Mn + {}^{1}_{1}H$$
$$^{56}_{25}Mn \rightarrow {}^{56}_{26}Fe + e^-.$$

26. *Fe*. Durch frühere und neuere Untersuchungen sind bei Eisen folgende acht Perioden bekannt:

1. und 2. 21 min und 6,5 d nach Livingood u. a. (375), früher 21 min und 5 d. Cork u. a. (392) und Livingood u. a. (375) schreiben sie dem Kern $^{52}_{25}Mn$ zu, der somit isomer sein müßte. Als Kernprozeß hat demnach

$$^{54}_{26}Fe + {}^{2}_{1}D \rightarrow {}^{52}_{25}Mn \quad {}^{(21\ m)}_{(6{,}5\ d)} + {}^{4}_{2}\alpha$$
$$^{52}_{25}Mn \rightarrow {}^{52}_{24}Cr + e^+$$

zu gelten.

Beide Perioden sind mit Positronenemission verbunden, deren obere Energiegrenze bei etwa $0{,}7 \cdot 10^6$ eV liegt (375).

Die Anregung der Aktivität beginnt bei einer Deutonenenergie von $2{,}5 \cdot 10^6$ eV. Die Ausbeute betrug bei $5{,}4 \cdot 10^6$ eV 10^{-7} aktive Atome pro Deuton (392).

3. 2,59 h nach Livingood u. a. (375), früher 2,5 h. Als aktives Isotop wird $^{56}_{25}Mn$ vermutet gemäß:

$$^{58}_{26}Fe + {}^{2}_{1}D \rightarrow {}^{56}_{25}Mn + {}^{4}_{2}\alpha$$
$$^{56}_{25}Mn \rightarrow {}^{56}_{26}Fe + e^-.$$

4. 47 d nach Livingood u. a. (409), früher 40 d.

Als aktiver Bestandteil wurde in Übereinstimmung mit früheren Ergebnissen ein *Fe*-Isotop chemisch nachgewiesen, so daß die Aktivität durch den Prozeß:

$$^{58}_{26}Fe + {}^{2}_{1}D \rightarrow {}^{59}_{26}Fe + {}^{1}_{1}H$$
$$^{59}_{26}Fe \rightarrow {}^{59}_{27}Co + e^-$$

hervorgerufen sein kann.

Das Elektronenspektrum besteht aus zwei Teilspektren mit den oberen Grenzen von 0,5 und $1{,}0 \cdot 10^6$ eV.

Außerdem tritt eine γ-Strahlung von $1 \cdot 10^6$ eV auf.

5. Von 18 bzw. 18,2 h. Neuere Versuche von Cork u. a. (392) ergaben, daß diese Aktivität bei einer Deutonenenergie von $1{,}8 \cdot 10^6$ eV einsetzt und bei einer solchen von $5{,}4 \cdot 10^6$ eV mit der Ausbeute von 10^{-6} aktiven Atomen pro Deuton verbunden ist.
6. 310 ± 20 d nach Livingood u. a. (375), früher unbestimmt zu mehreren Monaten angegeben. Sie wird auf den Prozeß:

$$^{56}_{26}Fe + {}^{2}_{1}D \rightarrow {}^{54}_{25}Mn + {}^{4}_{2}\alpha$$
$$^{54}_{25}Mn + e^- \rightarrow {}^{54}_{24}Cr$$

zurückgeführt.

7. 100–200 d mit einem chemisch nachgewiesenen aktiven *Co*-Isotop. Grahame u. a. (393) bestätigten das Auftreten von Aktivitäten langer Halbwertszeit, die *Co*-Isotopen zuzuordnen sind.
8. Kurze Halbwertszeit mit einem aktiven *Co*-Isotop. Neuere Untersuchungen brachten keine Bestätigung dieser Periode.

27. *Co*. Auch durch die neueren Versuche von Livingood u. a. (375) konnten die Verhältnisse bei der Aktivierung von Kobalt durch Deutonen nicht geklärt werden. Früher hatten sich Halbwertszeiten von 3,6 h und mehr als 1 a ergeben. Livingood fand solche von mehreren Monaten und etwa 10 a, wobei erstere eventuell durch eine Verunreinigung verursacht sein könnte. Außerdem wurde eine γ-Strahlung von $1{,}3 \cdot 10^6$ eV beobachtet.

28. *Ni*. Neben der bekannten Nickelperiode von 3,4 h wurde von Livingood u. a. (411) eine solche von 2,6 h beobachtet. Chemische Untersuchungen ergaben als aktiven Bestandteil ein *Ni*-Isotop, so daß als Umwandlungsprozeß

$$^{62}_{28}Ni + {}^{2}_{1}D \rightarrow {}^{63}_{28}Ni + {}^{1}_{1}H$$
$$^{63}_{28}Ni \rightarrow {}^{63}_{29}Cu + e^-$$

zu gelten hat.

Die obere Energiegrenze des Elektronenspektrums lag bei $1{,}9 \cdot 10^6$ eV. Es trat eine γ-Strahlung von $1{,}1 \cdot 10^6$ eV auf.

29. *Cu.* Kupferteile eines Zyklotrons wurden von Perrier u. a. (415) untersucht. Hierbei zeigten sich die bisher unbekannten Perioden von

1. 245 d Halbwertszeit mit einem chemisch nachgewiesenen aktiven *Zn*-Isotop.
2. 215 d Halbwertszeit mit Elektronenemission und mit einem chemisch nachgewiesenen aktiven *Co*-Isotop.
3. Etwa 1 mo Halbwertszeit mit Elektronenemission und mit einem chemisch nachgewiesenen aktiven *Co*-Isotop.

Es ist jedoch ungewiß, ob diese Aktivitäten durch die in dem Zyklotron beschleunigten Deutonen oder durch die von ihnen ausgelösten Neutronen hervorgerufen wurden.

30. *Zn.* Die neuen Ergebnisse betreffen zwei der fünf bekannten Zinkaktivitäten und geben Kenntnis von einer weiteren Aktivität:

1. Die Periode mit einer Halbwertszeit von 1 h wurde von Grahame u. a. (393) bestätigt, aber nicht wie früher dem aktiven Zinkisotop $^{65}_{30}Zn$, sondern einem *Ga*-Isotop zugeschrieben.
2. Von Grahame u. a. (393) wurde eine Periode von 83 h beobachtet und als aktiver Bestandteil ein *Ga*-Isotop vermutet. Alvarez (377) identifiziert diese neue Periode mit der bereits bekannten von 97 h und schreibt sie dem Kern $^{67}_{31}Ga$ zu.
3. Als neue Periode wurde eine solche von 7 mo von Livingood u. a. (394) gefunden, als aktives Isotop ein *Zn*-Isotop chemisch nachgewiesen und in $^{65}_{30}Zn$ vermutet. Die Umwandlung des $^{65}_{30}Zn$ geht nach Alvarez (377) unter Positronenemission und Einfangen eines Elektrons der Atomhülle vonstatten.

32. *Ge.* Die Aktivierungsmöglichkeit des Germaniums wurde erst neuerdings von Sagane u. a. (395) festgestellt. Es traten zwei Perioden von etwa 17 d und 50 d auf, die beide auf Grund chemischer Untersuchungen auf aktive *As*-Isotope zurückgeführt werden müssen.

1. Die Periode von 17 d entsteht durch den Prozeß:

$$^{73}_{32}Ge + {}^{2}_{1}D \rightarrow {}^{74}_{33}As + {}^{1}_{0}n\,.$$

Der Zerfall geht unter Emission von Positronen und Elektronen vor sich. Erstere haben eine obere Energiegrenze von $0{,}9 \cdot 10^6$ eV, letztere eine solche von $1{,}25 \cdot 10^6$ eV.

2. Die Periode von 50 d wird durch den Prozeß:

$$^{76}_{32}Ge + {}^{2}_{1}D \rightarrow {}^{77}_{33}As + {}^{1}_{0}n$$

gedeutet.

38. *Sr.* Bei der Beschießung von Strontium mit Deutonen tritt der isomere Kern $^{89}_{38}Sr$ auf, der mit den beiden Halbwertszeiten von 3 h und 55 d zerfällt. Barnes u. a. (385) beobachteten, daß der mit der kurzen Periode verbundene Zerfall von einer γ-Strahlung begleitet wird.

40. *Zr.* Zirkon weist entsprechend den neueren Untersuchungen von Sagane u. a. (396) eine Reihe von Aktivitäten auf:

1. Eine Periode von 90 min mit Elektronenemission.
2. Eine Periode von 2,5 h mit Elektronenemission. Das aktive Isotop ist möglicherweise $^{94}_{39}Y$.
3. Eine Periode von 3 d mit Elektronenemission. Als aktives Isotop wurde chemisch Yttrium bestimmt und $^{93}_{39}Y$ angenommen. Die obere Grenze des Elektronenspektrums liegt bei $1{,}3 \cdot 10^6$ eV.
4. Eine Periode von 34 d mit Elektronenemission.
5. Eine Periode von 63 d. Gemäß chemischer Untersuchungen wird Zirkon, und zwar $^{93}_{40}Zr$, als aktives Isotop angenommen. Die obere Grenze der Elektronenenergie liegt bei $0{,}25 \cdot 10^6$ eV.

42. *Mo.* Von Molybdän sind bei Beschießung mit Deutonen drei Perioden bekannt. Segré u. a. (397) fanden neuerdings eine weitere Aktivität, und zwar bildet sich ein

aktives *Mo*-Isotop, das mit einer Halbwertszeit von 65 h unter Elektronenemission – obere Grenze $1{,}0 \cdot 10^6$ eV – in ein

aktives *Ma*-Isotop zerfällt. Letzteres wurde chemisch nachgewiesen und zerfällt seinerseits mit einer Halbwertszeit von 6 h unter Emission von X- und γ-Strahlen und unter Elektronenemission (eine Linie von 110 ekV).

52. *Te.* Die Aktivierungsmöglichkeit des Tellurs ist erst durch die neueren Untersuchungen von Tape u. a. (416) und Livingood u. a. (417) erwiesen worden. Es zeigten sich folgende Perioden:

1. Von 60 d durch den Prozeß:

$$^{126}_{52}Te + {}^{2}_{1}D \rightarrow {}^{124}_{51}Sb + {}^{4}_{2}\alpha$$

$$^{124}_{51}Sb \rightarrow {}^{124}_{52}Te + e^-,$$

wobei das aktive *Sb*-Isotop chemisch nachgewiesen wurde.

2. Von 66 min durch den Prozeß:

$$^{126}_{52}Te + ^{2}_{1}D \rightarrow ^{127}_{52}Te + ^{1}_{1}H$$
$$^{127}_{52}Te \rightarrow ^{127}_{53}J + e^{-}.$$

Das aktive *Te*-Isotop wurde chemisch bestätigt.

3. Von 10 h (416) bzw. 13 h (417). Über den Entstehungsprozeß dieser Periode bestehen durch die abweichenden Ergebnisse der chemischen Untersuchungen noch Unklarheiten.

4. Von 8 d. Da sowohl ein Jod-Isotop als auch ein *Te*-Isotop dieser Halbwertszeit nachgewiesen wurde, bestehen nebeneinander die beiden Umwandlungsprozesse:

a) $^{130}_{52}Te + ^{2}_{1}D \rightarrow ^{131}_{52}Te + ^{1}_{1}H$
$^{131}_{52}Te \rightarrow ^{131}_{53}J + e^{-}$ und

b) entweder

$$^{128,\,130}_{52}Te + ^{2}_{1}D \rightarrow ^{129,\,131}_{53}J + ^{1}_{0}n$$
$$^{129,\,131}_{53}J \rightarrow ^{129,\,131}_{54}Xe + e^{-}$$

oder

$$^{128,\,130}_{52}Te + ^{2}_{1}D \rightarrow ^{129,\,131}_{52}Te + ^{1}_{1}H$$
$$^{129,\,131}_{52}Te \rightarrow ^{129,\,131}_{53}J + e^{-}$$
$$^{129,\,131}_{53}J \rightarrow ^{129,\,131}_{54}Xe + e^{-}. \quad (8\,\mathrm{d})$$

57. *La.* Pool u. a. (418) bestätigten die Lanthanperiode von 31 h, die dem Prozeß:

$$^{139}_{57}La + ^{2}_{1}D \rightarrow ^{140}_{57}La + ^{1}_{1}H$$
$$^{140}_{57}La \rightarrow ^{140}_{58}Ce + e^{-}$$

zugeordnet wurde. Als obere Grenze der Elektronenenergie ergab sich $0{,}8 \cdot 10^6$ eV (418).

60. *Nd.* Neodymium ist Gegenstand eingehender Untersuchungen von Pool u. a. (418) gewesen. Sie konnten drei Perioden feststellen:

1. Von 84 h Halbwertszeit gemäß:

$$^{146}_{60}Nd + ^{2}_{1}D \rightarrow ^{147}_{60}Nd + ^{1}_{1}H$$
$$^{147}_{60}Nd \rightarrow ^{147}_{61}Il + e^{-}.$$

2. Von 2 h Halbwertszeit gemäß:

$$^{148}_{60}Nd + ^{2}_{1}D \rightarrow ^{149}_{60}Nd + ^{1}_{1}H$$
$$^{149}_{60}Nd \rightarrow ^{149}_{61}Il + e^{-}.$$

3. Von 12,5 h Halbwertszeit gemäß:

$$^{143}_{60}Nd + ^{2}_{1}D \rightarrow ^{144}_{61}Il + ^{1}_{0}n$$
$$^{144}_{61}Il \rightarrow ^{144}_{62}Sm + e^{-}.$$

73. *Ta.* Die Aktivierung des Tantals wurde neuerdings von Oldenberg (419) erreicht. Es trat eine Periode von 97 d auf, die dem Prozeß:

$$^{181}_{73}Ta + ^{2}_{1}D \rightarrow ^{182}_{73}Ta + ^{1}_{1}H$$
$$^{182}_{73}Ta \rightarrow ^{182}_{74}W + e^{-}$$

zugeordnet werden muß. Die Ausbeute lag ungefähr bei 10^{-9} aktiven Atomen pro Deuton, wenn die Deutonen eine Energie von $5{,}5 \cdot 10^6$ eV hatten.

IV. Künstliche Radioaktivitäten durch Neutronen

11. *Na.* Baschwitz (403) maß die Intensität der bekannten 15-h-Natriumaktivität zu 10 Proz. derjenigen, die sich bei gleichen Versuchsbedingungen für die 2,5-min-Silberaktivität ergab.

12. *Mg.* Die Intensität der bekannten 10-min-Magnesiumaktivität wurde von Baschwitz (403) zu nur 0,1 Proz. derjenigen der 2,5-min-Silberaktivität bestimmt.

13. *Al.* Bei der Umwandlung des Aluminiums mit Neutronen traten drei Aktivitäten auf; eine von ihnen wurde auf den von anderen Kernprozessen her bekannten Kern $^{24}_{11}Na$ zurückgeführt.

Für diese Aktivität, die eine Halbwertszeit von 15 h hat, maß Feather u. a. (399) die obere Energiegrenze der emittierten Elektronen zu $1{,}4 \cdot 10^6$ eV. Anzeichen dafür, daß das Elektronenspektrum aus zwei Teilspektren besteht, waren nicht vorhanden.

Mit der Aktivität ist eine γ-Strahlung verbunden, die Feather zu 1,01; 2,04 und $3{,}00 \cdot 10^6$ eV (399) und 1,44; 1,81 und $2{,}04 \cdot 10^6$ eV (401) bestimmte.

Aus den beobachteten γ-Strahlen schließen Feather u. a. (399) auf Anregungsstellen des Kerns $^{24}_{12}Mg$, der der stabile Endkern des betreffenden aktiven Umwandlungsprozesses ist, bei 2, 3 und $4 \cdot 10^6$ eV.

Eine weitere Aktivität des Aluminiums rührt von dem aktiven Isotop $^{28}_{13}Al$ her. Nahmias u. a. (398) bestätigten den bisherigen Wert für die obere Energiegrenze der in dieser Aktivität emittierten Elektronen mit mehr als $3{,}0 \cdot 10^6$ eV. Wang (400) machte die Feststellung, daß nur *C*-Neutronen — also solche, die von Kadmium

absorbiert werden und vorwiegend aus thermischen Neutronen bestehen — diese Aktivität hervorrufen. Nach den Messungen von Baschwitz (403) beträgt die Intensität dieser Aktivität 15 Proz. derjenigen der 2,5-min-Silberaktivität.

14. *Si.* Nach den Untersuchungen von Baschwitz (403) sind die Intensitäten der beiden bekannten Siliziumperioden von 2,3 min und 2,4 h 0,1 bzw. 0,3 Proz. derjenigen der 2,5-min-Silberaktivität.

15. *P.* Die neueren Ergebnisse erstrecken sich auf alle vier bekannten Phosphoraktivitäten.

1. Die Intensität der 2,3-min-Phosphorperiode wurde von Baschwitz (403) mit der der 2,5-min-Silberperiode verglichen. Sie betrug nur 0,5 Proz.
2. Die Halbwertszeit der 2,5-h-Aktivität wurde von Cichocki u. a. (404) zu 2,6 h gemessen. Ihre Intensität war 2 Proz. derjenigen der 2,5-min-Silberaktivität, Baschwitz (403).
3. Für die Halbwertszeit des durch Beschießung von Phosphor mit Neutronen erzeugten Isotops $^{32}_{15}P$ deckten sich die Meßergebnisse nicht. Es waren 14 d und 17,5 d angegeben worden. Neuere Messungen von Govaerts (405) und Capron (402) liefern die Werte von 14—15 d bzw. $14{,}5 \pm 0{,}3$ d.

   Letzterer maß noch die obere Energiegrenze der Elektronen abweichend von dem bisherigen Wert von $2{,}05 \cdot 10^6$ eV zu $1{,}68 \cdot 10^6$ eV.
4. Für die Halbwertszeit der 3-min-Aktivität des Phosphors geben Cichocki u. a. (404) den genauen Wert von 130,6 s an.

16. *S.* Eine der drei Schwefelaktivitäten rührt von der Bildung des aktiven Phosphorisotops $^{32}_{15}P$ her. Feather (401) konnte zeigen, daß mit dem Zerfall dieses Isotops keine γ-Strahlung verbunden ist. Die Halbwertszeit dieser Aktivität wurde in Einklang mit den bisherigen Daten von Cichocki u. a. (404) zu 14,5 d gemessen. Sie konnten jedoch die früher angegebene Schwefelaktivität von 26 min, die allerdings von sehr geringer Intensität war, nicht beobachten.

Die Halbwertszeiten der dritten Aktivität von 2,6 h wurden von Cichocki u. a. (404) ebenso wie der Umwandlungsprozeß — letzteres durch den chemischen Nachweis des aktiven Siliziumisotops — bestätigt.

21. *Sc.* Auf die bei der Aktivierung von Skandium vorliegenden Verhältnisse beziehen sich Untersuchungen von Cork u. a. (407).

1. Sie fanden für die auf $^{46}_{21}Sc$ zurückgehende Aktivität die Halbwertszeit von 88 d; frühere Werte waren 60 d und 84 d.
2. Die beiden Perioden von 4 h und 52 h (407) bzw. 4 h und 53 h (406) werden dem Kern $^{44}_{21}Sc$ zugeordnet, der folglich isomer sein muß. Es hatte sich nämlich gezeigt, daß beide Perioden bei verschiedenen Neutronenenergien gleiche Intensitäten haben. Eine Tatsache, die ihre Deutung durch obige Annahme erfährt. Außerdem ist damit die Notwendigkeit hinfällig, für die Zuordnung der 4-h-Periode zu dem Kern $^{43}_{21}Sc$ einen $(n, 3n)$-Prozeß heranzuziehen. Ein $(n, 3n)$-Prozeß ist nämlich bei keinem anderen Element weiter beobachtet worden und ist hier auch vom energetischen Standpunkt aus, wie Burcham u. a. (408) darlegten, nicht verständlich.
3. Cork u. a. (407) bestätigten die Periode mit der Halbwertszeit von mehr als 1 a und vermuteten als aktives Isotop $^{46}_{21}Sc$.
4. Sie beobachteten außerdem eine neue Aktivität mit der Halbwertszeit von 1,1 h, die möglicherweise identisch ist mit der 1,7-h-*Ti*-Aktivität und eventuell neben den Perioden von 88 d und > 1 a dem Kern $^{46}_{21}Sc$ zugeordnet werden muß. $^{46}_{21}Sc$ wäre dann dreifach isomer, ein Fall, der sich noch bei Uran und Thorium — aber auch nur dort — gezeigt hatte.

24. *Cr.* Baschwitz (403) maß die Intensität der 3,9-min-Chromperiode zu 1,5—2 Proz. derjenigen der 2,5-min-Silberaktivität.

25. *Mn.* Die Halbwertszeit der Manganperiode von 2,5 h wurde von Livingood u. a. (375) durch den neuen Wert von 2,59 h bestätigt. Die Messung der oberen Energiegrenze des Elektronenspektrums zu $2{,}7 \cdot 10^6$ eV stimmt mit den früheren Daten — 2,8 bzw. $3{,}2 \cdot 10^6$ eV — wenigstens teilweise gut überein, während der neue Wert von $1{,}2 \cdot 10^6$ eV für die γ-Strahlung jedoch von den bisherigen — $1{,}7 \cdot 10^6$ eV — erheblich abweicht.

26. *Fe.* Die einzige bisher bekannte Eisenaktivität von 2,5 h wurde durch Livingood u. a. (375) mit 2,59 h bestätigt. Außerdem fanden sie (409) zwei neue Perioden:

1. Von 9 min gemäß dem Prozeß:

$$^{54}_{26}Fe + {}^{1}_{0}n \rightarrow {}^{53}_{26}Fe + 2\,{}^{1}_{0}n$$

$$^{53}_{26}Fe \rightarrow {}^{53}_{25}Mn + e^+$$

2. Von 26 h. Als aktiver Kern wird $^{56}_{25}Mn$ vermutet, der damit isomer sein müßte.

27. *Co.* Neuere Untersuchungen über die bei der Aktivierung von Kobalt vorliegenden Verhältnisse bringen Ergänzungen zu vier der bereits bekannten sechs Perioden.

1. Die durch den Prozeß:

$$^{59}_{27}Co + ^{1}_{0}n \rightarrow ^{56}_{25}Mn + ^{4}_{2}\alpha$$
$$^{56}_{25}Mn \rightarrow ^{56}_{26}Fe + e^{-}$$

erklärte Periode von 2,5 h wurde von Livingood u. a. (375) neuerdings zu 2,59 h bestimmt. Ihre Intensität beträgt nach den Messungen von Baschwitz (403) 7 Proz. derjenigen der 2,5-min-Silberaktivität.

2. Die dem Prozeß:

$$^{59}_{27}Co + ^{1}_{0}n \rightarrow ^{59}_{26}Fe + ^{1}_{1}H$$
$$^{59}_{26}Fe \rightarrow ^{59}_{27}Co + e^{-}$$

zugeordnete Periode von 40 d wurde von Livingood u. a. (409) mit 47 ± 3 d bei Nachweis des aktiven *Fe*-Isotops bestätigt.

3. Die von Andersen früher beobachtete Periode von 72 h konnte dagegen von Livingood u. a. (409) nicht gefunden werden.

4. Livingood u. a. (376) fanden eine mit der γ-Strahlung von $1{,}3 \cdot 10^6$ eV verbundene Aktivität langer Halbwertszeit, die in die Perioden von etwa 10 Jahren und von mehreren Monaten zerlegt werden konnte — letztere ist eventuell einer Verunreinigung zuzuschreiben.

Eine Aktivität langer Halbwertszeit — etwa 1 a bzw. 2 a — war früher wiederholt gefunden worden. Es ist jedoch auf Grund der bisherigen Ergebnisse nicht möglich, den wahrscheinlichen Zusammenhang zwischen den früheren und neueren Beobachtungen aufzudecken (siehe auch 28. $Ni + ^{1}_{0}n$).

28. *Ni*. Zu den bereits bekannten drei Nickelperioden sind neuerdings zwei weitere hinzugekommen:

1. Viktorin (420) untersuchte die Frage, ob das mit der Halbwertszeit von 1—2 a zerfallende *Co*-Isotop durch Beschießung von Nickel mit schnellen Neutronen erzeugt werden kann. Es trat auch eine mit einer γ-Strahlung verbundene Periode langer Halbwertszeit auf, deren aktiver Bestandteil auf Grund chemischer Untersuchungen in einem *Co*-Isotop zu suchen ist. Sie hat jedoch mehr Ähnlichkeit mit der von Livingood u. a. (376) gefundenen Periode von etwa 10 Jahren (siehe 27. $Co + ^{1}_{0}n$).

2. Livingood u. a. (411) beobachteten eine weitere schwache Aktivität von 36 h Halbwertszeit, die durch den Prozeß:

$$^{58}_{28}Ni + ^{1}_{0}n \rightarrow ^{57}_{28}Ni + 2\,^{1}_{0}n$$
$$^{57}_{28}Ni \rightarrow ^{57}_{27}Co + e^{-}$$

gedeutet wird.

29. *Cu*. Bei Kupfer waren durch frühere Untersuchungen fünf Perioden aufgedeckt worden. Eine von ihnen — diejenige mit der Halbwertszeit von 3,5 h — konnte jedoch von Cork u. a. (407) nicht bestätigt werden. Kupferteile eines nur zur Beschleunigung von Deutonen benutzten Zyklotrons wurden von Perrier u. a. (415), und solche eines ausschließlich für Protonen benutzten Zyklotrons von Barnes u. a. (385) untersucht. Es zeigten sich folgende Perioden:

1. Von 245 d Halbwertszeit mit einem chemisch nachgewiesenen aktiven *Zn*-Isotop (415).
2. Von 215 d Halbwertszeit (415) (385) mit Elektronenemission und einem chemisch nachgewiesenen aktiven *Co*-Isotop (415). Diese Periode ist mit einer γ-Strahlung verbunden (385).
3. Von etwa 1 mon Halbwertszeit mit Elektronenemission und einem chemisch nachgewiesenen aktiven *Co*-Isotop (415).

Infolge der ungeklärten Anregungsverhältnisse ist es ungewiß, ob diese Perioden durch Protonen, Deutonen oder durch die von ihnen ausgelösten Neutronen hervorgerufen wurden. Livingood u. a. (376) beschossen Kupfer mit Neutronen, ohne jedoch die drei genannten Perioden beobachten zu können. Sie nehmen deshalb an, daß für diese Aktivitäten Verunreinigungen an Eisen verantwortlich zu machen sind.

31. *Ga*. Livingood u. a. (409) bestätigten zwei der sechs bekannten Galliumperioden.

1. Die auf dem Kern $^{70}_{31}Ga$ zurückgeführte Periode von 20 min wurde von ihnen zu 23 min gemessen und ein aktives Galliumisotop chemisch nachgewiesen.
2. Die zweite von ihnen beobachtete Periode von 14 h deckt sich mit derjenigen von 14, 1 h, wobei das früher vermutete aktive *Ga*-Isotop chemisch nachgewiesen wurde.

33. *As*. Die Verhältnisse bei der Aktivierung des Arsens sind noch nicht restlos geklärt. Die beiden Perioden von 26 h und 13 d werden vielfach allein dem Kern $^{76}_{33}As$ zugeschrieben, der isomer sein würde, aber auch den beiden Kernen $^{75}_{33}As$ bzw. $^{74}_{33}As$. Die Periode von 26 h ist früher auch von Harteck (359c) gefunden worden. Sie wurde von Curtis u. a. (423) bestätigt. Nach Harteck (359c) (421) ist sie mit der Emission von Elektronen und Positronen ebenso wie mit einer γ-Strahlung verbunden. Das Elektronenspektrum besteht aus zwei Teilspektren mit den oberen Grenzen von $1{,}1 \cdot 10^6$ eV und $3{,}16 \cdot 10^6$ eV. Ebenso lagen Anzeichen vor, daß auch das Positronenspektrum zusammengesetzt ist. Die

beobachtete γ-Strahlung besteht aus zwei Quanten von $2{,}16 \cdot 10^6$ eV und $3{,}15 \cdot 10^6$ eV. Erstere entspricht der Differenz der oberen Grenzwerte der beiden Elektronenspektren und tritt zusammen mit einem Elektron des Spektrums mit dem niedrigeren Grenzwert auf. Letztere müßte der Differenz des energiereichen Spektrums und einem unbeobachteten Spektrum der oberen Grenze von $0{,}1 \cdot 10^6$ eV entsprechen.

Norling (422) bestätigt, daß beide Teilspektren mit einer γ-Strahlung verbunden sind und aus den Ergebnissen der β- und γ-Koinzidenzmessungen ein Energieschema des Kerns $^{76}_{33}As$ aufgestellt werden kann.

Die zweite Arsenperiode wurde von Curtis u. a. (423) zu 13,5 d, von Sagane u. a. (395) zu etwa 17 d gemessen. Übereinstimmend wird sie dem Prozeß:

$$^{75}_{33}As + {}^{1}_{0}n \rightarrow {}^{74}_{33}As + 2\,{}^{1}_{0}n$$

zugeordnet.

Diese Aktivität ist mit der Emission von Elektronen – obere Grenze $1{,}25 \cdot 10^6$ eV – und Positronen – obere Grenze $0{,}9 \cdot 10^6$ eV – verbunden (395).

35. *Br.* Die bereits bekannte, auf das aktive Isotop $^{78}_{35}As$ zurückgeführte Bromaktivität von 65 min Halbwertszeit wurde von Curtis u. a. (423) zu 80 min gemessen.

37. *Rb.* Scheichenberger (452) konnte nur 2 der bekannten Rubidiumperioden beobachten, nämlich die von 18 min und 18 d. Erstere wurde zu 55–60 Proz., letztere zu 65 Proz. durch thermische Neutronen angeregt.

38. *Sr.* Bei Strontium ist der Vollständigkeit wegen nachzutragen, daß bereits im Jahre 1935 Ollano (168f) zwei schwache Perioden von 10 min und 120 min beobachtet hatte, die wohl mit den später aufgefundenen Perioden von 18 min und 3 h identisch sind.

39. *Y.* Sagane u. a. (396) finden bei Yttrium in Bestätigung bereits bekannter Ergebnisse folgende mit Elektronenemission verbundene Perioden:

1. Von 60 min bei Verwendung von schnellen Neutronen.
2. Von 2,3 h bei Verwendung langsamer Neutronen. Sie kann möglicherweise aber auch durch eine Verunreinigung von Dysprosium hervorgerufen worden sein.
3. Von 66 h bei Verwendung schneller und langsamer Neutronen. Als aktives Isotop wurde ein Yttriumisotop chemisch nachgewiesen und $^{90}_{39}Y$ vermutet.

Die obere Energiegrenze der emittierten Elektronen lag bei $2{,}1 \cdot 10^6$ eV.

4. Von 50 d bei Verwendung schneller Neutronen. Als aktives Isotop wurde ein Strontiumisotop chemisch ermittelt und $^{89}_{38}Sr$ vermutet.

40. *Zr.* Abweichend von den bisher bekannten Zirkonaktivitäten von 10 min, 5 h, 40–44 h finden Sagane u. a. (396) folgende Perioden:

1. Von 30 min bei Verwendung schneller Neutronen.
2. Von 17 h bei Verwendung langsamer Neutronen. Diese Periode ist mit Elektronenemission – obere Grenze $1{,}25 \cdot 10^6$ eV – verbunden. Auf Grund chemischer Untersuchungen ist das aktive Isotop ein *Zr*-Isotop, wahrscheinlich $^{95}_{40}Zr$.
3. Von 70 h bei Verwendung schneller Neutronen. Es werden Positronen emittiert mit der oberen Grenzenergie von $1{,}03 \cdot 10^6$ eV.

   Das aktive Isotop ist gemäß chemischer Versuche ein Zirkonisotop, eventuell $^{89}_{40}Zr$.
4. Von 70 h, ebenfalls bei Verwendung schneller Neutronen, aber mit Elektronenemission – obere Grenze $1{,}3 \cdot 10^6$ eV. Als aktiver Bestandteil wurde ein Yttriumisotop chemisch nachgewiesen und $^{92}_{39}Y$ vermutet.
5. Von 21 d bei Verwendung schneller Neutronen. Es werden Elektronen emittiert. Das aktive Isotop ist möglicherweise $^{94}_{39}Y$.
6. Von 63 d bei Verwendung schneller und langsamer Neutronen. Diese Periode ist ebenfalls mit Elektronenemission der oberen Grenze von $0{,}25 \cdot 10^6$ eV verbunden.

   Als aktives Isotop hat gemäß chemischer Untersuchungen ein Zirkonisotop, eventuell $^{93}_{39}Zr$, zu gelten.

42. *Mo.* Bei der Aktivierung von Molybdän liegen auf Grund früherer und neuerer, von Sagane u. a. (396) und Segrè u. a. (397) durchgeführter Versuche folgende Verhältnisse vor:

1. Die bekannte Periode von 17 min wurde bestätigt (369). Sie wurde früher auf den Kern $^{91}_{42}Mo$ zurückgeführt, eine Annahme, die durch den chemischen Nachweis eines aktiven Molybdänisotops sichergestellt ist.

   Während nach den früheren Ergebnissen das aktive Isotop $^{91}_{42}Mo$ gemäß der Gleichung

$$^{91}_{42}Mo \rightarrow {}^{91}_{43}Ma + e^-$$

unter Elektronenemission in das als stabiles Isotop noch nicht bekannte Masariumisotop $^{91}_{43}Ma$ übergeht, deutet die neuere Beobachtung einer Positronenemission darauf, daß dieser Kern $^{91}_{42}Mo$ gemäß dem Prozeß:

$$^{91}_{42}Mo \rightarrow {}^{91}_{41}Nb + e^+$$

zumindest mit erheblicher Wahrscheinlichkeit in das allerdings ebenfalls unbekannte Niobiumisotop $^{91}_{41}Nb$ zerfällt. Als obere Grenze des Positronenspektrums wird der Wert $1{,}8 \cdot 10^6$ eV angegeben. Die Anregung dieser Periode erfolgte durch schnelle Neutronen (396).

2. Die ebenfalls bekannte Periode von 25 min wurde neuerdings zu 24 min gemessen (396).

Chemisch wurde ein aktives Molybdänisotop nachgewiesen. Während früher als aktiver Kern $^{99}_{42}Mo$ angesehen wurde, ist es neuerdings der Kern $^{101}_{42}Mo$, und während früher das aktive Molybdänisotop durch Positronenemission in das bekannte stabile Niobiumisotop $^{99}_{41}Nb$ übergehen sollte, wäre jetzt auf Grund der beobachteten Elektronenemission der Zerfall des Kerns $^{101}_{42}Mo$ in ein noch unbekanntes Masuriumisotop anzunehmen.

Die obere Grenze des Elektronenspektrums liegt bei $1{,}3 \cdot 10^6$ eV. Die Anregung dieser Periode erfolgte durch langsame Neutronen.

3. Die dem Kern $^{99}_{42}Mo$ zugeordnete Periode von 36 h wurde von Sagane u. a. (396) und Segré u. a. (397) zu 64 h bzw. 65 h gemessen.

Das aktive Molybdänisotop wurde von beiden chemisch nachgewiesen und ebenso die obere Grenze des Elektronenspektrums zu $1{,}0 \cdot 10^6$ eV bestimmt. Die Anregung kam durch langsame und schnelle Neutronen zustande.

Nach den Untersuchungen von Segré u. a. (397) zerfällt dieses aktive Molybdänisotop in ein Masuriumisotop, das jedoch wiederum aktiv ist und seinerseits mit der Halbwertszeit von 6 h unter Emission von Röntgen- und γ-Strahlung und von Elektronen – eine Linie von $1{,}1 \cdot 10^6$ eV – zerfällt. Das aktive *Ma*-Isotop wurde chemisch nachgewiesen.

4. Die mit Elektronenemission verbundene Periode von 5 d wurde von Sagane u. a. (396) bestätigt; ihre Halbwertszeit jedoch unbestimmt zu mehreren Tagen angegeben. Die Anregung erfolgte durch schnelle Neutronen.

44. *Ru*. Die bei der Aktivierung von Ruthenium vorliegenden Verhältnisse werden nochmals von De Vries und Veldkamp (424) untersucht. Sie konnten damit drei zum Teil bekannte Perioden sicherstellen.

1. Die Periode von 20 min – früher 24 min –, deren Entstehungsprozeß noch unbekannt ist.
2. Die Periode von 4 h – früher 3,6 h und 4 h –, die durch den Prozeß

$$\left.\begin{aligned} {}^{102}_{44}Ru + {}^{1}_{0}n &\rightarrow {}^{103}_{44}Ru + \gamma \\ {}^{104}_{44}Ru + {}^{1}_{0}n &\rightarrow {}^{103}_{44}Ru + 2{}^{1}_{0}n \end{aligned}\right\} \quad {}^{103}_{44}Ru \rightarrow {}^{103}_{45}Rh + e^-$$

gedeutet wird.

3. a) Die Periode von 20 h – früher 22 h –, als deren Entstehungsprozeß schon früher

$$^{104}_{44}Ru + {}^{1}_{0}n \rightarrow {}^{105}_{44}Ru + \gamma$$
$$^{105}_{44}Ru \rightarrow {}^{105}_{45}Rh + e^-$$

angenommen wurde.

b) Der Kern $^{105}_{45}Rh$ ist jedoch als stabiles Isotop unbekannt. Nach De Vries u. a. (424) zerfällt er mit der Halbwertszeit von 45 d gemäß:

$$^{105}_{45}Rh \rightarrow {}^{105}_{46}Pd + e^-.$$

45. *Rh*. Von Rhodium sind nun mit Sicherheit zwei Perioden bekannt:

1. Die Periode von 35–44 s, die Pontecorvo (425) (426) neuerdings zu 44 s mißt. Die mit ihr verbundene Elektronenemission hat nach Nahmias u. a. (398) eine obere Energiegrenze von mehr als $2{,}15 \cdot 10^6$ eV.
2. Die Periode von 3,36–4 min, die Pontecorvo (425) (426) zu 4,2 min bestimmt. Die obere Grenze der mit ihr verbundenen Elektronenemission liegt nach den Messungen von Nahmias u. a. (398) bei mehr als $3{,}7 \cdot 10^6$ eV. Außerdem findet Pontecorvo (426) eine weitere Elektronenemission von 35–60 ekV; es handelt sich hier um Elektronen, die durch innere Absorption einer Kern-γ-Strahlung von 80 ekV entstanden sind.

Beide Perioden werden neuerdings dem Kern $^{104}_{45}Rh$ zugeschrieben, der also isomer sein muß (398) (425).

47. *Ag*. Mehrere neuere Untersuchungen über die Aktivität des Silbers haben größtenteils in Übereinstimmung mit bisherigen Daten zu folgenden Ergebnissen geführt:

1. Die dem Kern $^{110}_{47}Ag$ zugeordnete Periode hat
   nach Moussa u. a. (427) eine Halbwertszeit von 24 s – bisherige Werte zwischen 20 und 30 s,
   nach Baschwitz (428) eine Elektronenemission der oberen Grenze von mehr als $1{,}8 \cdot 10^6$ eV – früherer Wert $2{,}8 \cdot 10^6$ eV – und
   (403) eine Intensität von 800–1000 Proz. derjenigen der 2,5-min-Silberaktivität.
2. Die dem Kern $^{108}_{47}Ag$ zugeordnete Periode hat
   nach Moussa u. a. (427) eine Halbwertszeit von 2,5 min – frühere Werte liegen zwischen 1,8 min und 2,5 min – und
   nach Baschwitz (428) eine obere Energiegrenze der emittierten Elektronen von mehr als $1{,}2 \cdot 10^6$ eV, nach Nahmias u. a. (398) eine solche von mehr als $2{,}2 \cdot 10^6$ eV.

3. Dem isomeren Kern $^{106}_{47}Ag$ werden zwei Perioden zugeschrieben:
   a) Von 24–26 min, die nach Feather (433) nicht mit γ-Strahlung verbunden ist, und
   b) von 180–190 h nach bisherigen Daten und ebenso nach den neueren Messungen von Feather u. a. (432). Diese Periode ist mit Positronenemission der oberen Energiegrenze von $2{,}04 \cdot 10^6$ eV, mit Elektronenemission von $1{,}2 \cdot 10^6$ eV und mit einer γ-Strahlung von $0{,}6 \cdot 10^6$ eV verbunden. Feather u. a. (432) erklären diese von ihnen gemachte Beobachtung als Folgeerscheinung des unter K-Capture (Einfangen eines Elektrons der K-Schale) vor sich gehenden Kernzerfalls.

   Die Zerfallsmöglichkeit unter K-Capture war schon früher angenommen worden, Alvarez (377) konnte sie jedoch experimentell nicht bestätigen.
4. Feather u. a. (432) fanden eine Periode von 12,3 h Halbwertszeit, die sie durch den Prozeß:

$$^{109}_{47}Ag + {}^{1}_{0}n \rightarrow {}^{109}_{46}Pd + {}^{1}_{1}H$$
$$^{109}_{46}Pd \rightarrow {}^{109}_{47}Ag + e^-$$

   deuten.
5. Eine weitere, bereits bekannte Silberperiode wurde auch neuerdings wiederholt beobachtet. Für ihre Halbwertszeit haben sich folgende Werte ergeben:

   $\sim$ 90 d früheres Ergebnis.
   190 ± 40 d Reddemann u. a. (429).
   225 ± 20 d Livingood u. a. (430).
   300 ± 90 d unveröffentlichte Berichtigung des von Alexeeva (431) angegebenen Wertes von 1,2–2 a.

48. *Cd.* Bei Kadmium wurde von Dodé u. a. (434) bei Beschießung mit schnellen Neutronen (langsame Neutronen zeigten keine größere Wirkung) eine neue Periode von 50 ± 5 min gefunden, deren aktiver Bestandteil gemäß chemischer Untersuchungen ein Kadmiumisotop ist. Die β-Strahlung ist verhältnismäßig intensiv, aber energiearm.

49. *In.* Die neueren Untersuchungen über die bei der Aktivierung von Indium vorliegenden Verhältnisse haben neben der Bestätigung der Halbwertszeiten bereits bekannter Perioden zu einer anderen Zuordnung der bekannten 4-h-Periode geführt. Im einzelnen ergaben sich folgende Ergebnisse:

1. Der Zerfall des isomeren Kerns $^{116}_{49}In$ geht mit den Halbwertszeiten von 13 s und 54 min vor sich. Letztere Periode ist mit einer γ-Strahlung verbunden, die Curtis u. a. (436) zu 0,2; 0,4; 1,0; 1,3 und $1{,}8 \cdot 10^6$ eV mit den relativen Intensitäten 0,1; 0,3; 1,0 und 1,0 messen.

   Der Grundzustand und der metastabile Zustand des aktiven isomeren Kerns $^{116}_{49}In$ scheinen nach den Messungen von Keller u. a. (437) vorwiegend von zwei verschiedenen Niveaus aus erreicht zu werden.
2. und 3. Die Periode von 3,2–4,1 h wurde von Pool (435) zu 4 h und diejenige von 1–1,2 min zu 1,2 min gemessen.

   Während früher die 4-h-Periode auf den Kern $^{113}_{47}Ag$ zurückgeführt wurde, schreibt sie Pool (435) gemeinsam mit der 1,2-min-Periode dem Kern $^{113}_{49}In$ zu, der somit isomer sein muß.
4. Die dem Kern $^{114}_{49}In$ zugeordnete Periode von 40–60 d hat nach Pool (435) eine Halbwertszeit von 60 d, wobei das aktive Indiumisotop chemisch bestätigt wurde.

50. *Sn.* Zur Vervollständigung ist zu erwähnen, daß schon im Jahre 1935 von Ollano (168f) eine Aktivität des Zinns gefunden wurde, und zwar die beiden Perioden von 11 min und etwa 30 min. Spätere, bereits aufgeführte Untersuchungen haben die Perioden von 6–8 min, 18 min, 47 min und 6 h ergeben.

51. *Sb.* Für Antimon ist nachzutragen, daß Ollano (168f) im Jahre 1935 eine Aktivität beobachtete und Alexeeva (359d) im Jahre 1937 mit 45 ± 5 d eine neue Periode fand, die später zu 60 d gemessen und dem aktiven Kern $^{124}_{51}Sb$ zugeordnet wurde.

Neuere Arbeiten erstrecken sich auf die 2,5-d-Periode, und zwar fand Baschwitz (428) als obere Energiegrenze ihres Elektronenspektrums den Wert $1{,}3 \cdot 10^6$ eV und maß ihre Intensität zu 35–50 Proz. derjenigen der 2,5-min-Silberaktivität.

52. *Te.* Die bei der Aktivierung von Tellur vorliegenden Verhältnisse waren Gegenstand der Arbeit von Tape u. a. (416). Sie fanden neben den beiden, bekannten Perioden
66 min, die durch schnelle und langsame Neutronen angeregt wurden, und
von 31 d, als deren aktives Isotop $^{121}_{52}Te$ vermutet und die nur durch schnelle Neutronen hervorgerufen wurde,
eine neue Periode von 10 h Halbwertszeit gemäß der Umwandlungsgleichung:

$$^{130}_{52}Te + {}^{1}_{0}n \rightarrow {}^{129}_{52}Te + 2\,{}^{1}_{0}n$$
$$^{129}_{52}Te \rightarrow {}^{129}_{53}J + e^-.$$

53. *J.* Von Jod war bisher nur eine einzige Periode bekannt; zwei weitere wurden durch neuere Untersuchungen aufgedeckt. Es bestehen mithin folgende drei Perioden:

1. Von 26 min nach Tape u. a. (416) und früheren Ergebnissen, die dem Kern $^{128}_{53}J$ zugeordnet wird.

Die mit ihr verbundene Elektronenemission hat eine obere Energiegrenze von 1,9–2 · 10⁶ eV nach Baschwitz (428) und von mehr als 2,5 · 10⁶ eV nach Nahmias u. a. (398). Bacon u. a. (438) beobachteten jedoch, daß das Elektronenspektrum aus zwei Teilspektren mit den Grenzwerten von 1,05 · 10⁶ eV und 2,1 · 10⁶ eV besteht.

Von Roberts u. a. (439) wurde keine γ-Strahlung gefunden und die Intensität dieser Jodperiode von Baschwitz (403) zu 20 Proz. derjenigen der 2,5-min-Silberaktivität gemessen.

2. Von 13 d nach Tape u. a. (416) und Livingood u. a. (417). Sie wird durch den Prozeß:

$$^{127}_{53}J + ^{1}_{0}n \rightarrow ^{126}_{53}J + 2\,^{1}_{0}n$$
$$^{126}_{53}J \rightarrow ^{126}_{54}Xe + e^-$$

gedeutet, wobei das aktive Jodisotop von Livingood u. a. (417) chemisch nachgewiesen wurde.

3. Von 10 h nach Livingood u. a. (417). Als aktiver Bestandteil dieser Periode wurde ein Tellurisotop nachgewiesen, möglicherweise ist es $^{127}_{52}Te$.

55. *Cs.* Scheichenberger (452) berichtet von einer neuen Cäsiumperiode von etwa 1a.

57. *La.* Bei Lanthan waren die beiden Perioden von 2,2 h und 46 h bekannt. Pool u. a. (418) fanden solche von 31 h und 85,6 min.

Erstere ordneten sie, ebenso wie es bis jetzt mit der Periode von 46 h geschah, dem aktiven Kern $^{140}_{57}La$, letztere dem Kern $^{139}_{56}Ba$ zu.

Als Entstehungs- und Zerfallsprozeß des $^{139}_{56}Ba$ hat

$$^{139}_{57}La + ^{1}_{0}n \rightarrow ^{139}_{56}Ba + ^{1}_{1}H \qquad ^{139}_{56}Ba \rightarrow ^{139}_{57}La + e^-$$

zu gelten.

58. *Ce.* Bei Cer fanden Pool u. a. (418) eine neue Periode von 2,1 min, die sie auf den Prozeß

$$^{140}_{58}Ce + ^{1}_{0}n \rightarrow ^{139}_{58}Ce + 2\,^{1}_{0}n$$
$$^{139}_{58}Ce \rightarrow ^{139}_{57}La + e^+$$

zurückführen.

59. *Pr.* Pool u. a. (418) bestätigten mit den Werten von 18,7 h und 3,5 min die beiden bereits bekannten Praseodymiumperioden.

60. *Nd.* Bei Neodymium bestätigten Pool u. a. (418):

1. Die bekannte, dem Kern $^{142}_{59}Pr$ zugeordnete Periode von 20 h, früherer Wert 19 h.
2. Die bekannte, dem Kern $^{149}_{60}Nd$ zugeordnete Periode von 2,0 h – früherer Wert 2,2 h –, und fanden außerdem:
3. Die neue Periode von 21 min gemäß dem Umwandlungsprozeß:

$$^{150}_{60}Nd + ^{1}_{0}n \rightarrow ^{151}_{60}Nd + \gamma$$
$$^{151}_{60}Nd \rightarrow ^{151}_{61}Il + e^- \quad \text{und}$$

4. Die neue Periode von 84 h. Da sie durch schnelle und langsame Neutronen hervorgerufen wurde, hat als Prozeß:

$$\left.\begin{array}{l} ^{146}_{60}Nd + ^{1}_{0}n \rightarrow ^{147}_{60}Nd + \gamma \\ ^{148}_{60}Nd + ^{1}_{0}n \rightarrow ^{147}_{60}Nd + 2\,^{1}_{0}n \end{array}\right| \; ^{147}_{60}Nd \rightarrow ^{147}_{61}Il + e^-$$

zu gelten.

62. *Sm.* Von Samarium waren die beiden Perioden von 40 min und 48 h bekannt. Letztere wurde von Pool u. a. (418) zu 46 h gemessen.

Außerdem trat eine neue Periode von 21 min auf. Als Umwandlungsprozeß wurde

$$\left.\begin{array}{l} ^{150}_{62}Sm + ^{1}_{0}n \rightarrow ^{151}_{62}Sm + \gamma \\ ^{152}_{62}Sm + ^{1}_{0}n \rightarrow ^{151}_{62}Sm + 2\,^{1}_{0}n \end{array}\right| \; ^{151}_{62}Sm \rightarrow ^{151}_{63}Eu + e^-$$

angenommen.

63. *Eu.* Die bei der Aktivierung von Europium vorliegenden Verhältnisse wurden neuerdings eingehend untersucht mit folgendem Ergebnis:

1. Die Halbwertszeit der bekannten Periode von 9,2 h wurde von Pool u. a. (418) bestätigt und als Umwandlungsprozeß

$$\left.\begin{array}{l} ^{151}_{63}Eu + ^{1}_{0}n \rightarrow ^{152}_{63}Eu + \gamma \\ ^{153}_{63}Eu + ^{1}_{0}n \rightarrow ^{152}_{63}Eu + 2\,^{1}_{0}n \end{array}\right| \; ^{152}_{63}Eu \rightarrow ^{152}_{64}Gd + e^-$$

angenommen.

Die obere Energiegrenze des Elektronenspektrums liegt nach Baschwitz (428) bei 1,4–1,5 · 10⁶ eV, während frühere Messungen davon abweichend 2 · 10⁶ eV ergeben hatten.

Diese Periode wird nach den Untersuchungen von Richardson (440) von einer γ-Strahlung von 0,045; 0,31 und 0,9 · 10⁶ eV von fast gleicher Intensität begleitet. Nach Scheichenberger (452) wird diese 9,2 h-Periode zu 94 Proz. durch thermische Neutronen angeregt.

2. Pool u. a. (418) beobachteten eine neue Periode von 27 h Halbwertszeit, für die der Prozeß:

$$^{151}_{63}Eu + ^{1}_{0}n \rightarrow ^{150}_{63}Eu + 2\,^{1}_{0}n$$
$$^{150}_{63}Eu \rightarrow ^{150}_{62}Sm + e^+$$

angenommen wurde.

3. Scheichenberger (452) berichtet von einer neuen Periode von etwa 1,2 a.

64. *Gd.* Pool u. a. (418) fanden bei Gadolinium mit 17 h eine bereits bekannte Periode – früher zu 19 h angegeben – und mit 3,5 min eine neue Periode. Beide werden dem Kern $^{159}_{64}Gd$ zugeschrieben, der somit isomer sein muß:

$$\left.\begin{aligned} {}^{158}_{64}Gd + {}^{1}_{0}n &\rightarrow {}^{159}_{64}Gd + \gamma \\ {}^{160}_{64}Gd + {}^{1}_{0}n &\rightarrow {}^{159}_{64}Gd + 2\,{}^{1}_{0}n \end{aligned}\right\} {}^{159}_{64}Gd \rightarrow {}^{159}_{65}Tb + e^{-}.$$

65. *Tb.* Terbium hat auf Grund der Untersuchungen von Pool u. a. (418) folgende drei Aktivitäten:

1. Von 3,3 h, früher wiederholt zu 3,9 h gemessen:

$$\begin{aligned} {}^{159}_{65}Tb + {}^{1}_{0}n &\rightarrow {}^{160}_{65}Tb + \gamma \\ {}^{160}_{65}Tb &\rightarrow {}^{160}_{66}Dy + e^{-}. \end{aligned}$$

2. Von 3,6 min gemäß:

$$\begin{aligned} {}^{159}_{65}Tb + {}^{1}_{0}n &\rightarrow {}^{158}_{65}Tb + 2\,{}^{1}_{0}n \\ {}^{158}_{65}Tb &\rightarrow {}^{158}_{64}Gd + e^{+}. \end{aligned}$$

3. Von 3,5 min und 17 h – beide Perioden traten ebenfalls bei der Aktivierung von Gadolinium auf –, die auch hier dem isomeren Kern $^{159}_{64}Gd$ zugeschrieben werden:

$$\begin{aligned} {}^{159}_{65}Tb + {}^{1}_{0}n &\rightarrow {}^{159}_{64}Gd + {}^{1}_{1}H \\ {}^{159}_{64}Gd &\rightarrow {}^{159}_{65}Tb + e^{-}. \end{aligned}$$

66. *Dy.* Für die Aktivität des Dysprosiums hat sich folgender Sachverhalt ergeben:

1. Die bekannte Periode von 2,5 h Halbwertszeit – dieser Wert wurde in Einklang mit früheren Ergebnissen auch von Pool u. a. (418) gefunden – wird durch den Prozeß:

$$\begin{aligned} {}^{164}_{66}Dy + {}^{1}_{0}n &\rightarrow {}^{165}_{66}Dy + \gamma \\ {}^{165}_{66}Dy &\rightarrow {}^{165}_{67}Ho + e^{-} \end{aligned}$$

gedeutet.

Die obere Energiegrenze des Elektronenspektrums wurde früher zu 1,4 und $1{,}9 \cdot 10^{6}$ eV bestimmt. Neuere Werte von Baschwitz (428) und Nahmias u. a. (398) liegen bei $1\text{–}1{,}1 \cdot 10^{6}$ eV bzw. $1{,}5 \cdot 10^{6}$ eV.

2. Pool u. a. (418) beobachteten die neue Periode von 2,2 min gemäß:

$$\begin{aligned} {}^{160}_{66}Dy + {}^{1}_{0}n &\rightarrow {}^{159}_{66}Dy + 2\,{}^{1}_{0}n \\ {}^{159}_{66}Dy &\rightarrow {}^{159}_{65}Tb + e^{+}. \end{aligned}$$

67. *Ho.* Die auf den Kern $^{166}_{67}Ho$ zurückgeführte Holmiumaktivität von 35 h wurde von Pool u. a. (418) zu 30 h gemessen. Außerdem fanden sie eine neue Periode von 47 min, als deren Entstehungsprozeß

$$\begin{aligned} {}^{165}_{67}Ho + {}^{1}_{0}n &\rightarrow {}^{164}_{67}Ho + 2\,{}^{1}_{0}n \\ {}^{164}_{67}Ho &\rightarrow {}^{164}_{68}Er + e^{-} \end{aligned}$$

angenommen wurde.

68. *Er.* Auch bei Erbium haben die Untersuchungen von Pool u. a. (418) die bei der Aktivierung vorliegenden Verhältnisse klären können. Die Erbiumaktivität besteht:

1. Aus der bekannten Periode von 12 h – denselben Wert fanden Pool u. a. –, die wenig intensiv ist und durch den Prozeß

$$\left.\begin{aligned} {}^{168}_{68}Er + {}^{1}_{0}n &\rightarrow {}^{169}_{68}Er + \gamma \\ {}^{170}_{68}Er + {}^{1}_{0}n &\rightarrow {}^{169}_{68}Er + 2\,{}^{1}_{0}n \end{aligned}\right\} {}^{169}_{68}Er \rightarrow {}^{169}_{69}Tu + e^{-}$$

erklärt wird.

2. Aus der erst neuerdings gefundenen schwachen Periode von 5,1 h gemäß:

$$\begin{aligned} {}^{170}_{68}Er + {}^{1}_{0}n &\rightarrow {}^{171}_{68}Er + \gamma \\ {}^{171}_{68}Er &\rightarrow {}^{171}_{69}Ta + e^{-}. \end{aligned}$$

3. Aus der ebenfalls erst neuen, aber starken Periode von 1,1 min gemäß:

$$\begin{aligned} {}^{166}_{68}Er + {}^{1}_{0}n &\rightarrow {}^{165}_{68}Er + 2\,{}^{1}_{0}n \\ {}^{165}_{68}Er &\rightarrow {}^{168}_{67}Ho + e^{+}. \end{aligned}$$

4. Aus der bekannten, aber nicht wieder beobachteten Periode von 7 min.

70. *Yb.* Für Ytterbium fanden Pool u. a. (418) zwei neue Perioden von 2,1 h und 41 h Halbwertszeit, die beide dem aktiven Kern $^{175}_{70}Yb$, der somit isomer sein muß, zugeordnet werden. Als Umwandlungsprozeß hat demnach

$$\left.\begin{aligned} {}^{174}_{70}Yb + {}^{1}_{0}n &\rightarrow {}^{175}_{70}Yb + \gamma \\ {}^{176}_{70}Yb + {}^{1}_{0}n &\rightarrow {}^{175}_{70}Yb + 2\,{}^{1}_{0}n \end{aligned}\right\} {}^{175}_{70}Yb \rightarrow {}^{175}_{71}Lu + e^{-}$$

zu gelten.

73. *Ta.* Oldenberg (419) (441) untersuchte die Aktivität des Tantals und maß:

1. Die Halbwertszeit der durch den Prozeß

$$\begin{aligned} {}^{181}_{73}Ta + {}^{1}_{0}n &\rightarrow {}^{182}_{73}Ta + \gamma \\ {}^{182}_{73}Ta &\rightarrow {}^{182}_{74}W + e^{-} \end{aligned}$$

gedeuteten Periode zu 97 ± 8 d, während sie früher unsicher zu 200 ± 100 d angegeben worden war.

2. Die Halbwertszeit der zweiten, ebenfalls bekannten Periode zu 8,2 h gegenüber dem früheren Wert von 9,1 h.

Als Kernprozeß wird

$${}^{181}_{73}Ta + {}^{1}_{0}n \rightarrow {}^{180}_{73}Ta + 2\,{}^{1}_{0}n$$

angenommen, wobei sich der aktive Kern $^{180}_{73}Ta$

a) durch Emission eines Elektrons gemäß

$$^{180}_{73}Ta \rightarrow {}^{180}_{74}W + e^- \qquad \text{und}$$

b) durch Einfangen eines Elektrons gemäß

$$^{180}_{73}Ta + e^- \rightarrow {}^{180}_{72}Hf$$

umwandeln kann.

Es liegt hier also eine Verzweigung: Elektronenemission $\leftrightarrow$ K-Capture vor.

79. *Au*. Die neueren Ergebnisse über die Aktivität des Goldes beziehen sich nur auf eine der bekannten vier Perioden, und zwar auf die Periode von 2,7 d Halbwertszeit.

Das Elektronenspektrum dieser Periode hat nach Baschwitz (428) und Richardson (440) den oberen Grenzwert von $0{,}78 \cdot 10^6$ eV bzw. $0{,}85 \cdot 10^6$ eV, während frühere Messungen $0{,}78 \cdot 10^6$ eV und $1{,}1 \cdot 10^6$ eV ergeben hatten. Als γ-Strahlung war die Linie von $0{,}46 \cdot 10^6$ eV gefunden worden. Richardson (440) beobachtete neuerdings drei Quanten von 0,07; 0,28 und $0{,}43 \cdot 10^6$ eV mit den relativen Intensitäten von 0,15 : 1 : 1,2.

80. *Hg*. Die bekannte Quecksilberperiode von 43 min wurde früher dem Kern $^{202}_{80}Hg$ zugeordnet. Dieser aktive Kern müßte auch bei Verwendung langsamer Neutronen aus dem mit etwa 30 Proz. Häufigkeit vorkommenden Isotop $^{202}_{80}Hg$ entstehen, was jedoch experimentell nicht bestätigt wurde. Alvarez (377) nimmt deshalb als aktiven Kern $^{197}_{80}Hg$ an, dessen Bildung durch Neutronenanlagerung an dem Kern $^{196}_{80}Hg$ wegen dessen geringer Häufigkeit von nur 0,1 Proz. unbedeutend sein muß. Außerdem spricht die energiearme Elektronenemission dafür, daß der Zerfall des aktiven Kerns nicht durch Elektronenemission gemäß

$$Hg \rightarrow Tl + e^-$$

in ein Tantalisotop, für das nur $^{203}_{81}Tl$ in Betracht kommt, sondern durch K-Capture gemäß

$$Hg + e^- \rightarrow Au$$

in ein Goldisotop vor sich geht. Als stabiles Goldisotop kommt allein $^{197}_{79}Au$ in Frage.

83. *Bi*. Für Wismut ist nachzutragen, daß Ollano (168f) im Jahre 1935 eine schwache Aktivität – von 2 min und sehr langer Halbwertszeit – beobachtete. Später wurde nur noch einmal eine Wismutaktivität, und zwar von 1 h, gefunden, konnte jedoch niemals bestätigt werden.

90. *Th*. Die bei der Aktivierung von Thorium vorliegenden Verhältnisse wurden durch eine Untersuchung von Meitner u. a. (444) weitgehend geklärt. Die beobachteten Perioden konnten auf Grund chemischer Untersuchungen den folgenden vier Zerfallsreihen zugeordnet werden:

1. $$^{232}_{90}Th + {}^{1}_{0}n \rightarrow {}^{229}_{88}Ra + {}^{4}_{2}\alpha$$
$$^{229}_{88}Ra \xrightarrow[<\,1\,\text{min}]{} {}^{229}_{89}Ac \xrightarrow[\sim 18\,\text{min}]{} Th\,.$$

Die Halbwertszeiten sind:

a) 0,8 min nach Meitner u. a. (444),
1 min nach früheren Messungen;
b) ~ 18 min nach Meitner u. a. (444).

Von Rona u. a. (443) wurde

1. die Feststellung, daß die längere Periode aus der kürzeren hervorgeht, und
2. die Art des angenommenen Umwandlungsprozesses bestätigt. Letzteres dadurch, daß sie die Anregung der beiden betreffenden Perioden vorwiegend als durch schnelle Neutronen erfolgt, nachwiesen.

2. $$^{232}_{90}Th + {}^{1}_{0}n \rightarrow {}^{229}_{88}Ra + {}^{4}_{2}\alpha$$
$$^{229}_{88}Ra \xrightarrow[\sim 15\,\text{min}]{} {}^{229}_{89}Ac \xrightarrow[\sim 3{,}5\,\text{h}]{} Th\,.$$

Die Halbwertszeiten sind:

a) ~ 15 min nach Meitner u. a. (444);
b) ~ 3,5 h nach Meitner u. a. (444) und früheren Messungen.

3. $$^{232}_{90}Th + {}^{1}_{0}n \rightarrow {}^{229}_{88}Ra + {}^{4}_{2}\alpha$$
$$^{229}_{88}Ra \xrightarrow[\sim 4\,\text{h}]{} {}^{229}_{89}Ac \xrightarrow[20-30\,\text{h}]{} Th\,.$$

Die Halbwertszeiten sind:

a) ~ 4 h nach Meitner u. a. (444);
b) 20–30 h nach Meitner u. a. (444).

4. $$^{232}_{90}Th + {}^{1}_{0}n \rightarrow {}^{233}_{90}Th + \gamma$$
$$^{233}_{90}Th \xrightarrow[26\,\text{min}]{} {}^{233}_{91}Pa \xrightarrow[\sim 25\,\text{d}]{} {}^{233}_{92}U\,.$$

Die Halbwertszeiten sind:

a) 26 min nach Meitner u. a. (444),
25 min nach früheren Messungen;
b) 24–27 d nach Meitner u. a. (444).

Die Richtigkeit des angenommenen Umwandlungsprozesses wird durch die Beobachtung von Meitner, daß die 26-min-Periode durch Abbremsung der anregenden Neutronen erheblich verstärkt werden kann und durch die Beobachtung von Rona u. a. (443), daß die 25-min-Periode vorwiegend von thermischen Neutronen angeregt wird, erwiesen.

5. Nishina u. a. (442) bestätigten diese Ergebnisse von Meitner und fanden zusätzlich ein Thoriumisotop von 24,5 h Halbwertszeit, das sie mit Uran Y identifizierten. – Uran Y hat eine Halbwertszeit von 24,6 h, und die in der

von Nishina beobachteten Periode emittierten Elektronen hatten ungefähr den gleichen Absorptionskoeffizienten wie die von Uran Y.

Als Entstehungsprozeß wurde

$$^{232}_{90}Th + {}^{1}_{0}n \rightarrow {}^{231}_{90}UY + 2\,{}^{1}_{0}n$$

angenommen.

Die Isotope $^{232}_{90}Th$ und $^{231}_{90}UY$ gehören zu zwei verschiedenen Zerfallsreihen der natürlich radioaktiven Elemente – ersteres zur Thoriumreihe, letzteres zur Actiniumreihe –, so daß durch den angegebenen Prozeß die Thoriumreihe in die Actiniumreihe überführt werden kann.

6. Die früher angegebene Periode von 2,5 min konnte von Meitner u. a. (444) nicht beobachtet werden.

92. *U.* Curie und Savitch hatten bei der Aktivierung von Uran früher eine Periode von 3,5 h beobachtet. Nach weiteren Untersuchungen dieser Autoren (445), (446) mußte sie auf Grund chemischer Versuche entweder einem Actiniumisotop oder einem Transuran, dessen chemische Eigenschaften von denen der Rhenium- und Platinhomologe verschieden sind, zugeschrieben werden.

Später stellten sie (447) jedoch fest, daß es sich bei dem 3,5-h-Körper doch nicht um ein Actiniumisotop handeln könne, sondern daß sich dieser direkt aus Uran zu bilden scheine. Sie geben für die Bildung dieses aktiven Isotops verschiedene Möglichkeiten an, die jedoch durch die Ergebnisse der neuesten Untersuchungen von Hahn u. a. (448) hinfällig geworden sind.

Letztere fanden über den Prozeß

$$^{238}_{92}U + {}^{1}_{0}n \rightarrow {}^{235}_{90}Th + {}^{4}_{2}\alpha$$
$$^{235}_{90}Th \rightarrow {}^{231}_{88}Ra + {}^{4}_{2}\alpha$$

ebenfalls eine Periode von 3,5 h.

Bemerkenswert ist, daß, worauf bereits Curie und Savitch (445) hinwiesen, dieser Prozeß durch Abbremsung der anregenden Neutronen verstärkbar ist, hier also von Hahn u. a. (448) der erste Fall einer α-Abspaltung durch langsame Neutronen nachgewiesen ist. Hahn u. a. (448) stellten weiterhin fest, daß der 3,5-h-Körper kein einheitlicher Körper ist, sondern ein Gemisch von Isotopen der verschiedensten Halbwertszeiten. Sie konnten sechs Perioden isolieren und den folgenden drei Zerfallsreihen zuordnen:

1. $^{231}_{88}Ra_1 \xrightarrow[\sim 25\,\mathrm{min}]{} {}^{231}_{89}Ac_1 \xrightarrow[\sim 40\,\mathrm{min}]{} {}^{231}_{90}Th_1$,

2. $^{231}_{88}Ra_2 \xrightarrow[\sim 110\,\mathrm{min}]{} {}^{231}_{89}Ac_2 \xrightarrow[\sim 4\,\mathrm{h}]{} {}^{231}_{90}Th_2$,

3. $^{231}_{88}Ra_3 \xrightarrow[\text{mehrere d}]{} {}^{231}_{89}Ac_3 \xrightarrow[\sim 60\,\mathrm{h}]{} {}^{231}_{90}Th_3$,

wobei ein Actiniumisotop von 60 h Halbwertszeit chemisch nachgewiesen wurde. Die genannten Radium-, Actinium- und Thoriumisotope sind also dreifach isomer; dreifache Isomerie ist bereits von der Aktivierung des Thoriums und von den anderen Perioden des Urans her bekannt.

Oben wurde angenommen, daß das dreifach isomere Radiumisotop aus demselben Thoriumisotop $^{235}_{90}Th$ hervorgeht. Es ist jedoch auch denkbar, daß bereits das Thoriumisotop oder sogar der durch Einbau des Neutrons entstandene Zwischenkern in drei isomeren Abarten vorkommt.

Das als natürlich radioaktiv bekannte Thoriumisotop Uran *Y* ist von der Form $^{231}_{90}Th$. Es ist also möglich, daß eins der in den obigen Zerfallsreihen angegebenen Thoriumisomere identisch mit Uran *Y* ist.

Die mit der bekannten Periode von 16 min verbundene Elektronenemission hat nach den Messungen von Curie u. a. (447) eine obere Grenze von 4,5–4,8 · 10⁶ eV.

Ferner fanden Hahn u. a. (449) eine Periode von 60 d, die möglicherweise dem aus dem $^{239}_{94}Eka\text{-}Os$ von 5,7 h Halbwertszeit entstehenden $^{239}_{95}Eka\text{-}Jo$-Isotop zugeschrieben werden muß.

V. Künstliche Radioaktivität durch γ-Strahlen

Gentner und Bothe (450) konnten mit der bei Beschießung von Bor durch Protonen entstehenden γ-Strahlung von 11,8 · 10⁶ eV weder in

7. *N.* Stickstoff, noch in

17. *Cl.* Chlor oder

20. *Ca.* Kalzium eine künstliche Radioaktivität erzeugen.

In anderen Fällen waren ihre Versuche erfolgreich:

29. *Cu.* Bei Kupfer fanden sie die bekannte Periode von 10,5 min (450);

30. *Zn.* bei Zink die von 38 min (451);

35. *Br.* bei Brom beide dem isomeren Kern $^{80}_{35}Br$ zugeordneten Perioden von 18 min und 4,5 h, deren Intensität bei der Bor-γ-Strahlung dreimal größer ist als bei der Lithium-γ-Strahlung (451);

47. *Ag.* bei Silber die beiden Perioden von 2,3 min und 24 min (450) und

51. *Sb.* bei Antimon die von 15 min (450).

Nachstehende Tabelle zeigt einen Vergleich der relativen Intensitäten dieser Perioden bei Verwendung der *Li*-γ-Strahlung von 17 · 10⁶ eV und der Bor-γ-Strahlung von 11,8 · 10⁶ eV.

γ-Strahlung aus	^{62}Cu	^{63}Zn	^{106}Ag	^{108}Ag	Sb
$B+p$	100	25	38	100	35
$Li+p$	100	30	50	40	35

Literaturverzeichnis

Die Numerierung des Literaturverzeichnisses schließt sich an die der drei früheren Berichte[1]) an

1935

168f) Ollano, Rend. Seminar. Fac. Sci. R. Univ. Cagliari **5**, 38.

1937

359c) Harteck, Verh. d. D. Phys. Ges. **18**, 118.
359d) Alexeeva, C. R. UdSSR. **17**, 13.

1938

374) Saha, Zeitschr. f. Phys. **110**, 473.
375) Livingood und Seaborg, Phys. Rev. **54**, 391.
376) Livingood und Seaborg, Phys. Rev. **53**, 847.
377) Alvarez, Phys. Rev. **54**, 486.
378) Mann, Phys. Rev. **54**, 649.
379) Roberts, Heydenburg und Locher, Phys. Rev. **53**, 1016.
380) Maier-Leibnitz, Naturwiss. **37**, 614.
381) Rumbaugh, Roberts und Hafstad, Phys. Rev. **54**, 657.
382) Dee, Curran und Petrzilka, Nature **141**, 642.
383) Ridenour, Delsasso, White und Sherr, Phys. Rev. **53**, 770.
384) Sherr, Henderson, White, Delsasso und Ridenour, Phys. Rev. **53**, 946.
385) Barnes und Valley, Phys. Rev. **53**, 946.
386) Strain und Buck, Phys. Rev. **53**, 943.
387) Du Bridge, Barnes, Buck und Strain, Phys. Rev. **53**, 447.
388) Richardson, Phys. Rev. **53**, 610.
389) Burcham, Smith und Dee, Proc. Roy. Soc. **928**, 84.
390) Burcham und Smith, Proc. Roy. Soc. **168**, 176.
391) Williams und Pickup, Nature **141**, 199.
392) Cork und Curtis, Phys. Rev. **53**, 946.
393) Grahame und Seaborg, Phys. Rev. **54**, 240.
394) Livingood und Seaborg, Phys. Rev. **54**, 239.
395) Sagane, Kojima und Ikawa, Phys. Rev. **54**, 149.
396) Sagane, Kojima, Miyamoto und Ikawa, Phys. Rev. **54**, 542.
397) Segré und Seaborg, Phys. Rev. **54**, 772.
398) Nahmias und Schiff, Journ. de Phys. **4**, 140.
399) Feather und Dunworth, Proc. Cambr. Phil. Soc. **34**, Nr. 3, 442.
400) Wang, Zeitschr. f. Phys. **110**, 502.
401) Feather, Proc. Cambr. Phil. Soc. **34**, 599.
402) Capron, Physica **9**, 882.
403) Baschwitz, Journ. de Phys. **9**, Nr. 3, 123.
404) Cichocki und Soltan, C. R. **8**, 423.
405) Govaerts, Nature **141**, 871.
406) Thornton und Cork, Phys. Rev. **53**, 922.
407) Cork und Thornton, Phys. Rev. **53**, 866.
408) Burcham, Goldhaber und Hill, Nature **141**, 510.
409) Livingood und Seaborg, Phys. Rev. **54**, 51.
410) Brandt, Zeitschr. f. Phys. **108**, 726.
411) Livingood und Seaborg, Phys. Rev. **53**, 765.
412) White, Delsasso, Sherr und Ridenour, Phys. Rev. **54**, 314.
413) Smith und Chang, Proc. Roy. Soc. **166**, 415.
414) Yasaki und Watanabe, Nature **141**, 787.
415) Perrier, Santangelo und Segré, Phys. Rev. **53**, 104.
416) Tape und Cork, Phys. Rev. **53**, 676.
417) Livingood und Seaborg, Phys. Rev. **53**, 1015.
418) Pool und Quill, Phys. Rev. **53**, 437.
419) Oldenberg, Phys. Rev. **53**, 35.
420) Viktorin, Proc. Cambr. Phil. Soc. **34**, 612.
421) Harteck, Knauer und Schaeffer, Zeitschrift f. Phys. **109**, 153.
422) Norling, Zeitschr. f. Phys. **111**, 158.
423) Curtis und Cork, Phys. Rev. **53**, 681.
424) De Vries und Veldkamp, Physica **4**, 249.
425) Pontecorvo, Nature **141**, 785.
426) Pontecorvo, Phys. Rev. **54**, 542.
427) Moussa und Laurent, C. R. **206**, 1015.
428) Baschwitz, Journ. de Phys. **9**, Nr. 3, 120.
429) Reddemann und Straßmann, Naturwiss. **26**, 187.
430) Livingood und Seaborg, Phys. Rev. **54**, 88.
431) Alexeeva, C. R. UdSSR. **18**, 553.
432) Feather und Dunworth, Proc. Roy. Soc. **168**, 566.
433) Feather, Proc. Cambr. Phil. Soc. **34**, 599.
434) Dodé und Pontecorvo, C. R. **207**, 287.
435) Pool, Phys. Rev. **53**, 611.
436) Curtis und Richardson, Phys. Rev. **53**, 942.
437) Keller und Preiswerk, Helv. Phys. Acta **11**, 372.
438) Bacon, Grisewood und van der Merwe, Phys. Rev. **54**, 315.
439) Roberts und Irvine, Phys. Rev. **53**, 609.
440) Richardson, Phys. Rev. **53**, 942.
441) Oldenberg, Phys. Rev. **53**, 109.
442) Nishina, Yasaki, Kimura und Ikawa, Nature **142**, 874.
443) Rona, Scheichenberger und Stangl, Anz. Akad. Wien **9/10**, 58.
444) Meitner, Hahn und Straßmann, Zeitschr. f. Phys. **109**, 538.
445) Curie und Savitch, C. R. **206**, 906.
446) Curie und Savitch, C. R. **206**, 1643.
447) Curie und Savitch, Journ. de Phys. **9**, 355.
448) Hahn und Straßmann, Naturwiss. **26**, 755.
449) Hahn, Meitner und Straßmann, Naturwiss. **26**, 475.
450) Gentner und Bothe, Naturwiss. **26**, 497.
451) Bothe und Gentner, Naturwiss. **26**, 517.
452) Scheichenberger, Anz. Akad. Wien Nr. 17, 108.

Berlin-Charlottenburg.

(Eingegangen 15. Januar 1939)

1) K. Diebner und E. Graßmann, Phys. Zeitschr. **37**, 359, 1936; **38**, 406, 1937; **39**, 469, 1938.

BESPRECHUNGEN

Sämtliche in diesem Heft besprochenen oder vom Verlag angezeigten Bücher sind in allen deutschen Buchhandlungen zu erhalten

Grimsehl-Tomaschek, Lehrbuch der Physik. Bd. I. 10. Aufl. Gr.-8°. VII und 681 S. Mit 740 Abb. Leipzig und Berlin 1938. B. G. Teubner. Geb. RM 19.80.

Die zehnte Auflage ist gegenüber der neunten nur wenig verändert. Daher ist auch der früheren Besprechung (vgl. Physik. Zeitschr. **37**, 630, 1936) kaum etwas hinzuzufügen. Zu erwähnen ist, daß die mathematischen Tabellen nunmehr aus dem zweiten Bande in den ersten übernommen worden sind. Die außerordentlich schnelle Auflagenfolge spricht das Urteil aller beteiligten Kreise aus.

Möbius

Gmelin's Handbuch der Anorganischen Chemie. Hrsgg. von der Deutschen Chemischen Gesellschaft. Hauptredakteur Erich Pietsch. 8. Aufl. Gr.-8°, Berlin. Verlag Chemie GmbH.

1. System-Nr. 22: Kalium. Lieferung 6: Schluß der Verbindungen. XXXVII und 155 S. Mit 47 Fig. 1938. RM 29.—.

Hier werden hauptsächlich die Doppelsalze u. dgl. des Kaliums mit Natrium und Lithium behandelt, da nach dem System die Verbindungen mit andern Metallen erst bei diesen folgen. Die hohe Zahl der Abbildungen enthält hauptsächlich Zustandsdiagramme, deren Wiedergabe an dieser Stelle unerläßlich und zu begrüßen ist.

2. System-Nr. 22: Kalium. Lieferung 7: Technische Darstellung der Kalisalze. XXXVIII und 107 S. Mit 1 Fig. 1938. RM 22.—.

Es werden Geschichte, Wirtschaft und Chemie der Produktion der Kalisalze aus Rohsalzen und anderen Quellen literaturkritisch bearbeitet. Wenn dabei die Länge der Abschnitte kein Maß für die technische Bedeutung, sondern mehr für die Schwierigkeit eines Verfahrens (Zahl der Veröffentlichungen) ist, so ist das nur der Ausdruck für die gründliche Verarbeitung des Stoffes.

3. System-Nr. 59: Eisen. Teil F: Nachweis und Bestimmung von Fremdelementen in Eisen und Stahl; Abt. II: Eigentliche Legierungselemente, Sonstige Elemente, Sonderverfahren; Lieferung 1: Die meisten Legierungselemente. VII und 163 S. Mit 6 Fig. 1938. RM 26.—.

Wie mehrfach an dieser Stelle berichtet, wächst der Eisenband wegen seiner technischen Bedingtheiten vielfach über den sonstigen Rahmen des „Gmelin" hinaus. So auch in den Fragen der Eisen- und Stahlanalyse, denen, obgleich nicht streng zur Eisenchemie gehörig, mit Recht ein besonderer Teil F gewidmet wird. Er ist als praktisches Laboratoriumsbuch für die Werkstoffprüfung mit arbeitsfertigen Vorschriften gedacht. Teil F I soll die (nichtmetallischen) Begleitelemente in Eisen und Stahl sowie Probenahme und Rückstandsanalyse behandeln, F II die oben angegebenen Punkte. Unter „Sonderverfahren" ist an spektroskopische, chromatographische, polarographische, magnetische, elektrische Methoden, Schleiffunken- und Staubprobe u. dgl. gedacht. Wenn das ganze Programm mit der aus der ersten Lieferung ersichtlichen Umsicht durchgeführt wird, wird hier der Technik ein analytisches Werkbuch bisher unerreichten Ranges entstehen, um so mehr, als dort, wo Spezialverfahren fehlen, sogar die Gesichtspunkte zur Ausbildung solcher angegeben werden.

4. System-Nr. 64: Rhodium. XXVII und 153 S. Mit 5 Fig. 1938. RM 27.—.

5. System-Nr. 66: Osmium. XXIV und 100 S. 1939. RM 19.—.

6. System-Nr. 68: Platin. Teil A: Das Element. Lieferung 1: Geschichte und Vorkommen der Platinmetalle. II und 145 S. Mit 2 Fig. (d. i. geolog. Karten). 1938. RM 22.—.

Nachdem in den völligen Mangel monographischer moderner Literatur über die Platinmetalle der Ruthen-Band vor kurzem die erste Bresche gerissen hat, erscheinen jetzt in rascher Folge zwei weitere Platinmetalle und zugleich die erste Lieferung des Platins selbst, die die sehr lesenswerten historischen und die lagerstättenkundlichen Angaben für alle Elemente der Gruppe sinnvoll zusammenfaßt. Die Einzelbände sind wieder chemisch wie physikalisch gleich gründlich und übersichtlich abgefaßt, wie Ref. bei Benutzung zu eigenen Arbeiten bereits feststellen konnte.

G.-M. Schwab

Vorlesungsverzeichnis für das Sommerhalbjahr 1939

Universität Basel. Hagenbach: Experimentalphysik I, 6; Physikalisches Praktikum für Vorgerücktere, tägl., für Anfänger 8, für Mediziner und Ärzte (mit Wehrli), 2; Physikalisches Kolloquium (mit Zickendraht, Wehrli und Miescher), 14tägig, 2 g. — **Matthies:** Theoretische Physik III: Strahlungserscheinungen, 4, Übungen, 1; Vektor- und Tensorrechnung, 2, Übungen, 1; Mathematisch-physikalisches Seminar, 1. — **Zickendraht:** Einführung in die Elektroakustik, 2; Elektroakustisches Praktikum, 3. — **Zehnder:** Geschichte der Physik, Neuere Zeit, 1; Die tiefsten Grundlagen der Naturwissenschaften, 1. — **Bürki:** Photographische Chemie, 1; Photographisch-chemische Übungen, 3. — **Wehrli:** Methoden zur Erforschung der Atome, 1; Seminar über Probleme der chemischen Physik (mit Erlenmeyer und Miescher), 14tägig, 2 g. — **Miescher:** Übungen zu den Grundlagen der Elektrizitätslehre, 2. — **Mohler:** Elektronentheorie der organischen Chemie, 1; Übungen in der Absorptionsspektrophotometrie von Lösungen, 1. — **Bearth:** Einführung in Entstehung und Aufbau der Kristalle, für Naturwissenschaftler, 2. —

Universität Berlin. **Orthmann:** Experimentalphysik II, 4; Höhere Experimentalphysik I, mit Versuchen, 4; Physikalische Forschungsarbeiten (mit Schumann und Hinderer), tägl.; Seminar für Experimentalphysik (mit v. Auwers, Ritschl und Verleger), 2. — **Stuart:** Theorie der Wärme, 4, Übungen, 1; Anleitung zu selbständigen Arbeiten in experimenteller Physik, tägl. — **Henning:** Theorie der Strahlung, 4. — **Kohler:** Feldphysik II, 4, Übungen, 1; Anwendungen der Gruppentheorie in der Quantenmechanik, 2. — **Debye:** Struktur der Metalle und Legierungen, 2. — **Kolhörster:** Höhenstrahlung II, 1; Besprechung von Arbeiten über Höhenstrahlung, 1 g; Arbeiten über Höhenstrahlen für Fortgeschrittene, tägl.; Die Aufrechterhaltung der Erdladung, 1. — **Gehrcke:** Physik und Erkenntnistheorie, 1. — **Grotrian:** Physik der Sonne, 1; Spektroskopisches Praktikum (mit Schüler), 4; Spektroskopische Forschungsarbeiten, tägl. — **v. Auwers:** Experimentelle Grundlagen der Wellenmechanik, 1. — **Schüler:** Einführung in die Atomphysik, 1; Atomphysikalische Forschungsarbeiten, tägl. — **Philipp:** Die experimentellen Grundlagen der Kernphysik, 1; Anleitung zu selbständigen Arbeiten in der Kernphysik, tägl. — **Schreiber:** Die physikalisch-technischen Grundlagen der Röntgendiagnostik, 1; Röntgenstrahlen II: Anwendungen, 1. — **Verleger:** Physik der Röntgenstrahlen, 1. — **Kiebitz:** Ausgewählte Kapitel aus der Theorie der elektromagnetischen Wellen, mit Lichtbildern, 1 g. — **Trendelenburg:** Elektronenröhren, 1 g. — **Skaupy:** Technische Physik des Magnetismus, magnetische Metallkunde, 14tägig, 2. — **Justi:** Elektrische Meßtechnik I: Gleichstrommethoden, 1. — **Müller:** Nichtstationäre Vorgänge in Kondensatorkreisen mit Induktivität: Schalt- und Schwungvorgänge, 3/4. — **Hinderer:** Elektronenoptische Instrumente, mit Demonstrationen, 1; Physikalisches Praktikum für Fortgeschrittene, 8. — **Ritschl:** Chemische Spektralanalyse, 1. — **Menzer:** Kristallstruktur, 2. — **v. Laue:** Physikalisches Kolloquium, 2 g; Physikalisches Seminar, 2. — **Wehnelt:** Physikalisches Anfängerpraktikum, 7. — **Schumann:** Physikalisches Praktikum II, nach Vereinbarung; Wehrphysikalische Arbeiten (mit Wehnelt und Bekker), tägl.; Sprengstoffphysikalische und theoretisch-ballistische Forschungsarbeiten, tägl. — **Friedrich:** Radiologisches Praktikum: Licht, Röntgen, Radium (mit Risse und Schreiber), nach Vereinbarung; Anleitung zu selbständigen Arbeiten auf dem Gebiete der Strahlenforschung (mit Risse und Schreiber), tägl. außer Sonnabend. — **N. N.:** Allgemeine Meteorologie, 3. — **Bartels:** Schwankungserscheinungen in der Geophysik und Meteorologie, 2; Erdbeben, 1; Meteorologisches und Geophysikalisches Kolloquium (mit Defant), 2 g; Geophysikalische Übungen (mit Rössiger), 2 g. — **Rössiger:** Magnetische und elektrische Verfahren der angewandten Geophysik, 1. — **Stumpff:** Fehlertheorie und Ausgleichsrechnung, 2. — **Knoch:** Probleme der Lokal- und Mikroklimatologie, 1. — **Zistler:** Praktische Wetterkunde II, 2. — **Kähler:** Sonnen- und Himmelsstrahlung, 1; Übungen aus dem Gebiet der Meteorologie, atmosphärischer Elektrizität und Strahlung, 2, für Fortgeschrittene, tägl. — **Robitzsch:** Thermodynamik der Atmosphäre (Einführung in die Aerologie), 1; Leitung eigener Arbeiten, tägl. außer Sonnabend g; Meteorologische Rechenblätter, 1. — **Kölzer:** Wetterkundliche Übungen zur Heerestechnik, 2. —

Universität Bern. **Greinacher:** Experimentalphysik: Mechanik, Akustik, Optik, 5, Ergänzungen, 1; Physikalische Optik, 1; Repetitorium der Physik, 1; Physikalisches Kolloquium, nach Vereinbarung; Physikalisches Praktikum für Anfänger, 4, für Vorgerücktere, 3 halbe Tage; Physikalisches Vollpraktikum, tägl. — **Koestler:** Einführung in die Anwendung der höheren Mathematik auf die Naturwissenschaften, 1; Theorie der elektrischen Wechselströme, 1; Allgemeine Mechanik mit besonderer Berücksichtigung der Dynamik, 1; Ausgewählte Kapitel der Berechnung elektrischer Schwingungskreise: Elektrische Wanderwellen, 2. — **König:** Theoretische Fernmeldetechnik, 2. —

Universität Breslau. **Schaefer:** Experimentalphysik II: Wärme und Elektrizität, 4; Physikalisches Kolloquium (mit Fues, Steubing und Bergmann), 2; Physikalisches Praktikum für Anfänger, 3 oder 6, für Mediziner, Pharmazeuten und Landwirte, 3, für Fortgeschrittene (mit Steubing), tägl. — **Steubing:** Einführung in die Photographie, 1; Apparate und Methoden der Spektroskopie, 1; Photographische Übungen für Anfänger, 3; Seminaristisch-didaktische Übungen (mit Groß), 2; Übungen in der Ausführung physikalischer Experimente im Schulunterricht (mit Groß), 2. — **Bergmann:** Elektrische Wellen: Theorie, Erzeugung und Ausbreitung, 2. — **Groß:** Schulphysik I: Ausgewählte Kapitel aus Mechanik, Akustik, Wärme, 1; Großtaten deutscher Technik, 3. — **Fues:** Theoretische Physik II: Mechanik der flüssigen und elastischen Körper, 3, Übungen, 3; Seminar über ausgewählte Fragen der theoretischen Physik, 2. — **Jüttner:** Mathematische Grundlagen der Quantenmechanik, 2. — **Mintrop:** Angewandte Geophysik I, Übungen, 1. —

Bergakademie Clausthal. **Valentiner:** Experimentalphysik I: Mechanik, Wärme, 4; Ausgewählte Kapitel der Metallphysik I, 1; Wärmewirtschaft, 2; Physikalisches Praktikum I, 3. — **Jung:** Geophysik: Erdbeben, Schweremessungen, seismische und gravimetrische Aufschlußmethoden, für Markscheider, 2; Geophysikalisches Praktikum I, mit Übungen im Gelände, 3. —

Technische Hochschule Danzig. **Buchwald:** Kinetische Gastheorie und Thermodynamik, 4, Übungen, 14tägig, 1 g; Sonderkapitel der Quantentheorie, 1; Arbeiten für Fortgeschrittene, 12; Physikalisches Praktikum für Fortgeschrittene I (mit Kossel), 8; Physikalisches Kolloquium (mit Kossel), 1 g. — **Kossel:** Experimentalphysik: Mechanik, Akustik, 4, Ergänzungen, 1; Strukturbestimmung mit Röntgen- und Elektronenstrahlen, 1; Kleines physikalisches Praktikum, 4 und 3; Physikalisches Praktikum für Fortgeschrittene II, 12 und 4. — **König:** Atomphysik, 2; Praktisches Rechnen in Naturwissenschaft und Technik, 1; Photographisches Praktikum, 4. — **N. N.:** Physik und Technik des Hochvakuums, 1. —

Technische Hochschule Dresden. **Tomaschek:** Experimentalphysik I, 5; Physikalisches Praktikum I, 3 und 6, II, 9, für größere Arbeiten, tägl.; Physikalisches Seminar, 14tägig, 2 g. — **Falkenhagen:** Theoretische Physik: Mechanik, 3, Übungen, 1; Größere physikalische Arbeiten, tägl. — **Wiedmann:** Radioaktivität und Isotopenlehre, 1; Röntgentechnische und spektroskopische Übungen: Roh- und Werkstoffprüfung, 3 und 6; Selbständige Arbeiten im Röntgen-Laboratorium, ganztägig. — **Teichmann:** Physik des Elektrons, 2; Einführung in die Behandlung einfacher mathematisch-physikalischer Probleme II, mit Übungen, 1. —

Fleischer: Wehrphysik, 1 g. — **Frieser:** Farbenphotographie und -kinematographie, 1, Übungen, 2; Grundlagen der Reproduktionstechnik, 1; Reproduktionstechnisches Praktikum, 2; Optische und photographische Methoden in der Chemie, 4; Photographisches Praktikum I, für Anfänger, 4, II, für Fortgeschrittene, 4; Selbständige Arbeiten im Photographischen Institut, 2, 8, halb- und ganztägig; Kolloquium über neuere Arbeiten auf dem Gebiete der wissenschaftlichen Photographie, 14-tägig, 2 g. — **Klughardt:** Die Berechnung optischer Systeme II: Trigonometrische Durchrechnung und Fehlerkorrektur, 2; Trigonometrische Rechenübungen, 1; Die Spektralapparate, 1. — **Joachim:** Praxis des Tonfilms, 1 g. — **Goldschmidt:** Wetter und Wettervorhersage, 2 g; Übungen und größere Arbeiten, nach Vereinbarung g. — **Günther:** Geschichte des mathematisch-physikalischen Unterrichts, dabei Geschichte der Schulmathematik und Schulphysik, 2 g; Praktisch-pädagogisches Seminar, 2 g. —

Universität Freiburg i. Br. **Steinke:** Experimentalphysik II: Elektrizität und Optik, 4, Praktikum, 1 Tag, für Fortgeschrittene (mit Plötze), 6; Handfertigkeitsübungen für Anfänger, 4; Maschinentechnisches Praktikum, 6; Anleitung zu selbständigen Arbeiten, tägl.; Physikalisches Kolloquium (mit Mecke), 14tägig, 1 g; Zeitschriftenkolloquium, 1 g; Physikalisches Praktikum für Naturwissenschaftler, 6. — **Plötze:** Höhere Experimentalphysik II: Die Wellenstruktur der Materie, 3. — **Sommermeyer:** Die Physik der festen Körper, 1. — **Hammer:** Über Elektrizität in Gasen: Kathoden-, Kanalstrahlen usw., 1. — **Lößnitzer:** Wetter- und Klimakunde, 2 g. — **Mecke:** Theoretische Physik II: Wärme, 4, Übungen, 2 g; Anleitung zu selbständigen Arbeiten, tägl. —

Universität Freiburg (Schweiz). **Dessauer:** Experimentalphysik II, 5, Übungen und Repetitorium, nach Vereinbarung, Ergänzung, 1; Kolloquium für Physik, nach Vereinbarung; Einführung in die neuere Physik (Fortsetzung); Relativität, Quantenphysik, Atomphysik, 1; Praktikum, 4; Anfängerpraktikum, 12; Physikalisches Praktikum und Anleitung zu wissenschaftlichen Arbeiten, tägl. — **Brasey:** Schwingungserscheinungen (Fortsetzung), 2; Sonderfragen der Experimentalphysik, nach Vereinbarung. — **Pfluger:** Mechanik, 4. —

Universität Gießen. **Gerthsen:** Experimentalphysik: Elektrizität und Optik, 4; Die atomphysikalische Deutung der chemischen Bindung, 1 g; Experimentalphysikalisches Seminar: Einführung in die wissenschaftlichen Arbeiten des Instituts, 2 g; Physikalisches Praktikum für Physiker und Naturwissenschaftler (mit Cermak), 6, für Chemiker, 3, für Mediziner und Veterinärmediziner, 3; Anleitung zu selbständigen physikalischen Arbeiten (mit Cermak), tägl.; Physikalisches Kolloquium (mit Bechert und Cermak), 2 g. — **Cermak:** Experimentalphysik für Fortgeschrittene: Metallische und elektrolytische Leitung, 2; Handfertigkeitspraktikum, 3; Physikalisches Seminar für Lehramtskandidaten, 2; Physikalische Grundlagen der Meteorologie, 1. — **Bechert:** Elektrizitätslehre, Hydrodynamik, Akustik, 3; Übungen zur Elektrodynamik (mit Meixner), 2; Fixsterne und Sternnebel, 1 g; Seminar über moderne Fragen der theoretischen Physik (mit Meixner), 14tägig, $1^1/_2$ g. — **Meixner:** Elektrodynamik, 3. — **Lihotzky:** Optik für Photographierende, 1 g. —

Technische Hochschule Graz. **Kohlrausch:** Physik III: Elektrizität, 4; Anleitung zu wissenschaftlichen Arbeiten aus den Gebieten der chemischen Physik, 20; Physikalisches Praktikum, 6 und 2. —

Universität Greifswald. **Krüger:** Experimentalphysik II: Elektrizität und Optik, 5; Physikalisches Praktikum für Naturwissenschaftler, 6, für Mediziner, 2; Physikalisches Handfertigkeitspraktikum, 3; Anleitung zu selbständigen physikalischen Untersuchungen, tägl.; Besprechung neuerer physikalischer Arbeiten (Kolloquium) (mit Reinkober und Schmidt), $1^1/_2$ g. — **Seeliger:** Theoretische Optik, 3, Übungen, 14tägig, 2; Seminar für Fortgeschrittene: Ausgewählte Fragen der Atomphysik, 14tägig, 2; Besprechung von Arbeiten über die Theorie des festen Körpers (mit Schmidt), 14tägig, 2 g; Anleitung zu selbständigen Arbeiten, tägl. — **Reinkober:** Elektronenaustritt aus Grenzflächen, 1; Physikalische Maßeinheiten und Meßmethoden: Elektrizität und Optik, 1; Optik im Heeresdienst, 1 g; Seminaristische Übungen zur Physik, 2. — **Schmidt:** Kernphysik, 2; Rechenübungen zur mathematischen Physik, 1. —

Universität Halle. **Kast:** Experimentalphysik II: Elektrizität und Optik, 3, Ergänzung für Naturwissenschaftler, 2; Der Aufbau der Materie, 1 g; Technische Elektrizitätslehre II: Hochfrequente Wechselströme, 1; Physikalische Übungen für Naturwissenschaftler, 6; Technisch-physikalische Übungen für Fortgeschrittene, 6; Physikalisches Praktikum für Mediziner, 2; Anleitung zu selbständigen physikalischen Arbeiten (mit Pose), tägl.; Physikalisches Kolloquium (mit Smekal), 2 g. — **Smekal:** Molekularphysik, 4, Übungen, 1 g; Lichtelektrizität, 1; Anleitung zu selbständigen physikalischen Arbeiten (mit Rexer), tägl.; Seminar für theoretische Physik, 2. — **Pose:** Experimentelle Methoden und Ergebnisse der Kernphysik, 2; Höhenstrahlung, 1; Handfertigkeitspraktikum, 3. — **Rexer:** Stoffphysik II: Metalle, 1; Struktur- und Materialprüfung mittels Röntgenstrahlen, 1. —

Universität Hamburg. **Koch:** Experimentalphysik II: Mechanik, Akustik, Optik, 4; Physikalisches Praktikum (mit Goos, Müller und Meyer), 4; Anleitung zu wissenschaftlichen Untersuchungen (mit Tams, Goos und Meyer), tägl.; Physikalisches Kolloquium (mit Lenz, Möller und Harteck), 2. — **Goos:** Physikalisches Messen mit Versuchen (Ergänzung zum physikalischen Praktikum), 1; Mechanik, mit Übungen, 4; Quantentheorie (Fortsetzung), 1; Theoretisch-physikalisches Vortragsseminar, 2. — **Meyer:** Spektroskopie der Röntgenstrahlen, 1; Physikalisches Proseminar (mit Knauer und J. Jensen), 2. — **Knauer:** Bedeutung und Messung magnetischer Atommomente, 1. — **J. Jensen:** Statistische Mechanik auf quantentheoretischer Grundlage, 2. — **Müller:** Anleitung zur Ausführung von physikalischen Schulversuchen, 2. — **Harteck:** Besprechungen neuerer kernphysikalischer Arbeiten (mit Knauer und J. Jensen), 1. — **Möller:** Elektrotechnisches Praktikum, 10; Elektrizitätslehre, 2, Übungen, 1; Physikalisch-technisches Kolloquium (mit Hagen), 2; Selbständige Arbeiten Fortgeschrittener (mit Hagen), tägl. — **Raethjen:** Geophysikalisches Kolloquium (mit Kleinschmidt, Schulz, Tams, Kuhlbrodt, Errulat und Seilkopf), 14tägig, 2; Zyklonentheorie, 2, Übungen, 14tägig, 2; Besprechung ausgewählter Probleme aus der synoptisch-

dynamischen Meteorologie und Aerologie, für Fortgeschrittene, 2; Meteorologisches Praktikum (mit Wichmann), 3; Besprechung meteorologischer Arbeiten, 2. — **Ch. Jensen:** Probleme der Dämmerungsforschung, 1. — **Tams:** Seminar über die Physik der festen Erde, 14tägig, 2; Schwerkraft und Isostasie, 2; Seismische Übungen, 2. — **Errulat:** Erdströme und Luftelektrizität, 1. — **Kuhlbrodt:** Grundfragen der maritimen und kolonialen Meteorologie, 1. — **Kleinschmidt:** Allgemeine Meteorologie, 2. — **Reidat:** Flugmeteorologie II, 2. — **Seilkopf:** Allgemeine Seeflugmeteorologie, mit Übungen, 1. —

Universität Heidelberg. Becker: Experimentalphysik II: Optik, Elektrizität, 4; Physikalisches Praktikum für Naturwissenschaftler, 6, für Mediziner und Zahnmediziner, 3; Physikalisches Großpraktikum und Anleitung zum Experimentieren, tägl. außer Sonnabend; Selbständige physikalische und physikalisch-technische Arbeiten, tägl. außer Sonnabend; Physikalisches Seminar, 14tägig, $1^1/_2$ g; Physikalisches, physikalisch-chemisches, mathematisches Kolloquium (mit Wesch, Fischbeck, Wegner und Fleischmann), 14tägig, $1^1/_2$ g; Geophysikalische Arbeitsmethoden: Radioaktivität, Erdmagnetismus (mit Stehberger), 1. — **Wesch:** Theorie der Wärme, 3; Radiologie: Elektromagnetische Strahlungen, 1; Funktechnik II: Röhren, ihre Eigenschaften und Anwendungen, 1; Übungen zur Nachrichtentechnik, 3. — **Fleischmann:** Kernphysik II: Künstliche Verwandlungsprozesse, 1. — **Bothe:** Kolloquium über naturwissenschaftlich-medizinische Arbeiten (mit Kuhn), 14tägig, 1. — **Kleber:** Kristallphysik II: Optik, 1. — **Peppler:** Allgemeine Meteorologie I: Energiequellen, Temperatur, Luftdruck, $1^1/_2$ g. — **Bohrmann:** Übungen zur praktischen Meteorologie, 14tägig, 2 g. —

Universität Innsbruck. Lerch: Experimentalphysik II, 5; Physikalisches Praktikum (mit Tagger), 6; Wissenschaftliche Arbeiten für Vorgeschrittene (mit Steinmaurer), 10. — **March:** Quantentheorie, 5; Seminarübungen, 2. — **Sonvico:** Wechselstromtechnik, 2 g. — **Steinmaurer:** Wärmelehre, 2; Die Elektronenröhren und ihre Anwendung in der Physik, 1. — **Oberguggenberger:** Astrophysik I: Die astrophysikalischen Beobachtungsmethoden, 4; Untersuchung der optisch-mechanischen und Aufstellungsfehler astronomischer Instrumente und Hilfsapparate, 1; Übungen für Fortgeschrittene, 5. — **Wagner:** Allgemeine Meteorologie, 5; Besprechung wissenschaftlicher Arbeiten, 1; Wissenschaftliche Arbeiten für Fortgeschrittene, 10. — **Ekhart:** Mikroklima und Pflanzenklima, 1. —

Universität Jena. Kulenkampff: Experimentalphysik II: Elektrizitätslehre, Atomphysik, 4, für Mediziner, 3; Physikalisches Praktikum für Mathematiker und Physiker (mit Wißhak), 6, für Chemiker und Pharmazeuten (mit Wißhak), 4, kleines Praktikum (mit Wißhak), $2^1/_2$, für Fortgeschrittene (mit Raether), 10; Leitung selbständiger physikalischer Arbeiten (mit Hettner und Raether), tägl.; Besprechung von Arbeiten aus dem Physikalischen Institut (mit Hettner), 14tägig, 2 g; Physikalisches Kolloquium (mit Esau, Kühl und Hettner), 2 g. — **Hettner:** Theorie der Elektrizität, mit Übungen (mit Wessel), 4; Elastizitätstheorie und Strömungslehre, 2; Theoretisch-physikalisches Seminar für Fortgeschrittene (mit Wessel), 1 g; Anleitung zu selbständigen theoretisch-physikalischen Arbeiten (mit Wessel), tägl. — **Wessel:** Atommechanik II: Wellenmechanik, 3. — **Wißhak:** Experimentalphysik für Fortgeschrittene III: Elektrizitätslehre, 2; Handfertigkeitspraktikum, 3. — **Raether:** Der schwere Wasserstoff, 1. — **Esau:** Theorie und Anwendung der Elektronenröhren, 3; Technisch-physikalisches Praktikum, 3; Großes technisch-physikalisches Praktikum, 3; Großes technisch-physikalisches Praktikum, tägl.; Technisch-physikalisches Seminar, 2 g. — **Kühl:** Wellenoptik I: Elektromagnetische Lichttheorie, Interferenz, Beugung, 3; Praktikum der optischen Untersuchungsmethoden, 4; Mikroskopisches Praktikum, 2; Optisches Seminar: Einführung in die Konstruktion optischer Instrumente, 2 g; Leitung selbständiger Arbeiten, tägl. — **Henry Siedentopf:** Dunkelfeldbeleuchtung und Ultramikroskopie, 1. — **Rzymkowski:** Photographisches Praktikum, 3. — **Sieberg:** Geologische Einführung in die Geophysik, 1 g; Erdbebenkundlich-bodenmechanisches Praktikum, nach Vereinbarung g; Erdbebenkundliches Kolloquium, g; Anleitung zu selbständigen erdbebenkundlich-bodenmechanischen Arbeiten, tägl. g. — **Rüger:** Geologische Grundlagen der Geophysik I: Stoffe und Bewegungen der Erdrinde, 1. — **Meißer:** Einführung in die physikalischen Grundlagen der angewandten Geophysik, 1 g; Geophysikalisches Praktikum: a) Einführung in die Instrumentenkunde für angewandte Geophysik (mit M. Müller und Martin), 2 g, b) Allgemeine geophysikalische Untersuchungsmethoden (mit M. Müller und Martin), 2 g; Anleitung zu selbständigen geophysikalischen Arbeiten, tägl. g. — **M. Müller:** Die Theorie der Gezeiten, 1 g. — **Martin:** Angewandte Seismik, 1 g. — **Heinrich Siedentopf:** Physik der Sternatmosphäre, 2; Übungen zur Zeit- und Ortsbestimmung, 3; Dynamische Meteorologie, 1; Meteorologische Übungen, 2; Astronomisches Kolloquium, 2 g; Anleitung zu selbständigen Arbeiten, tägl. g. —

Technische Hochschule Karlsruhe. Bühl: Experimentalphysik: Mechanik, Akustik, Wärmelehre, 5, für Bauingenieure, 3; Kleines Physikalisches Praktikum für Physiker und Chemiker, 6 und 8, Oberstufe (mit Volkmann), halbtägig, für Vermessungsingenieure, 2, für Maschinen- und Elektroingenieure, 3; Anleitung zu selbständigen Arbeiten im Physikalischen Institut, nach Vereinbarung; Physikalisches Kolloquium (mit Wolf und Volkmann), 14tägig, 1 g. — **Wolf:** Theoretische Physik: Atomphysik, 3; Quantenstatistik, 1; Theoretisch-physikalisches Seminar, 2 g; Zeitschriftenkolloquium, 1 g; Physikalisches Praktikum: Oberstufe, halbtägig; Anleitung zu selbständigen physikalischen Arbeiten, nach Vereinbarung. — **Volkmann:** Ballistik, 2; Einführung in das physikalische Praktikum, 1; Seminar über Experimentalphysik, 1. — **Quade:** Theorie der Wechselströme: Mehrphasensysteme, Ortskurven, 3. — **Peppler:** Allgemeine Meteorologie: Energiequellen, Temperaturen, Druck, 3 g; Die Klimareiche der Erde: Das Klima Europas, 1 g; Meteorologische Übungen, 2 g. —

Universität Kiel. Kopfermann: Experimentalphysik: Elektrizität, 3, Zusatzvorlesung für Physiker, Mathematiker und Naturwissenschaftler, 1; Physikalisches Praktikum für Mediziner, 2, für Anfänger, 4, für Fortgeschrittene, 4, Zusatzvorlesung (mit Lochte-Holtgreven), 2 g; Forschungsarbeiten, tägl.; Angewandte Elektrizitätslehre II, mit Übungen, 2; Physikalisches Seminar (mit Unsöld und Lochte-Holtgreven), 2 g; Physikalisches Kolloquium (mit Unsöld und Lochte-Holtgreven), $1^1/_2$ g. — **Lochte-Holtgreven:** Molekulartheorie der Elektrizität und de

Magnetismus, 2. — **Unsöld:** Einführung in die theoretische Physik, mit Übungen (mit Burkhardt), 3. — **Büttner:** Dynamische Meteorologie I, 2; Meteorologisches Kolloquium, 14tägig, 2 g; Arbeiten auf dem Gebiete der Meteorologie, nach Vereinbarung g. — **Baumbach:** Einführung in die praktische Astronomie: Geographische, nautische und aeronautische Ortsbestimmung, 2, Übungen, nach Vereinbarung g. —

Universität Köln. Kirchner: Experimentalphysik II: Akustik, Wärme, Optik, 3, Ergänzungen, 2; Physikalisches Praktikum (mit Hiedemann), 7, für Mediziner, 2, für Vorgeschrittene (mit Malsch), 7; Anleitung zu selbständigen wissenschaftlichen Arbeiten, tägl.; Physikalisches Seminar, 2 g; Kolloquium über neuere Arbeiten aus dem Gebiete der Physik (mit Malsch und Cremer), 2. — **Cremer:** Hydrodynamik, 4; Mathematische Hilfsmittel der Physik, mit Übungen, 4. — **Malsch:** Technische Thermodynamik, 2; Technisch-physikalisches Praktikum, 7; Anleitung zu selbständigen wissenschaftlichen Arbeiten, tägl.; Technisch-physikalisches Seminar, 1 g. — **Hiedemann:** Ultraschall, 2; Anleitung zu wissenschaftlichen Arbeiten, tägl. — **Försterling:** Wissenschaftliche Arbeiten im Institut für theoretische Physik, tägl. — **Berg:** Klimatologie, 1; Wolken und Niederschlag, 1; Meteorologische Übungen für Anfänger und Fortgeschrittene, 2. —

Universität Leipzig. Hoffmann: Experimentalphysik II: Elektrizität, Magnetismus, Licht, 5; Höhere Physik, Ergänzungen zur allgemeinen Experimentalphysik, 1; Physikalisches Praktikum, 3, 6 oder 9, für Fortgeschrittene, 9; Selbständige physikalische Arbeiten, 24 oder 44, für Mediziner, Veterinärmediziner, Zahnärzte und Pharmazeuten, 3; Seminar über die Arbeiten des Instituts, nach Vereinbarung g; Physikalisches Kolloquium (mit Heisenberg), $1^1/_2$ g. — **Heisenberg:** Theorie der kosmischen Strahlung, 3; Seminar über die Struktur der Materie (mit Hund), 2; Selbständige theoretisch-physikalische Arbeiten (mit Hund). — **Hund:** Theoretische Physik II: Wärmelehre, 4, Übungen, 1; Felder und Teilchen in der Quantentheorie, 1. — **Schiller:** Grundlagen der Luftschiffahrt und Flugtechnik, 2, Übungen, nach Vereinbarung g; Technisch-physikalisches Praktikum für Fortgeschrittene: Angewandte Mechanik und Thermodynamik, 9; Selbständige physikalische Arbeiten, 24 oder 44; Besprechung neuerer Arbeiten der Hydro- und Aerodynamik, 14tägig, 2 g. — **Karolus:** Elektrotechnik II: Wechselströme, 2, Übungen, 3; Besprechung neuerer Arbeiten, nach Vereinbarung g; Angewandte Elektrizitätslehre, 9; Selbständige physikalische Arbeiten, 24 oder 44. — **Döpel:** Röntgenstrahlen, 2; Strahlungsphysik, 9; Selbständige physikalische Arbeiten, 24 oder 44; Kernphysikalisches Praktikum, nach Vereinbarung. — **Möbius:** Korpuskularstrahlen, 1; Physikalische Schulversuche (Praktikum), 3. — **Kaempf:** Repetitorium der Physik für Mediziner, Veterinärmediziner, Zahnärzte und Pharmazeuten, 2. — **Weickmann:** Grundlagen und Methoden der kurzfristigen und langfristigen Wettervorhersage, 2; Bioklimatische und geopsychische Erscheinungen, 2 g; Arbeiten im Geophysikalischen Institut und im Observatorium, tägl. g; Geophysikalisches Praktikum: Wetterkartenanalyse, 3; Geophysikalisches Kolloquium, 2 g. —

Universität Marburg. Grüneisen: Experimentalphysik II, für Naturwissenschaftler, 5, für Mediziner und Zahnmediziner, 3; Physikalisches Kolloquium, 2 g; Physikalisches Praktikum für Anfänger (mit Kneser und Vogt), 6, für Pharmazeuten, 3, für Mediziner, 2, für Fortgeschrittene, 8, für Geübte: Leitung wissenschaftlicher Arbeiten, tägl. — **Kneser:** Einführung in die mathematische Behandlung naturwissenschaftlicher Fragen, 2. — **Vogt:** Übungen zur Metallphysik, 2. — **Hückel:** Theorie der Wärme, 4, Übungen, 2; Einführung in die Quantentheorie, 3. —

Universität München. Gerlach: Experimentalphysik: Optik, Magnetismus und Elektrizität, 4, Ergänzung, 1; Physikalische Übungen für Anfänger A, 4, B, 4, Ergänzungskurs C, 4; Physikalische Übungen für Pharmazeuten, 4; Anleitung zu wissenschaftlichen Arbeiten (mit Rüchardt), tägl.; Übungen für Fortgeschrittene (mit Rüchardt), tägl.; Physikalisches Seminar (mit Rüchardt), $1^1/_2$. — **Rüchardt:** Höhere Physik: Elektrische Schwingungen und Wellen, mit Versuchen, 2. — **Maue:** Mechanik der Kontinua, 4, Übungen, 2; Seminar, 2. — **Auer:** Thermodynamik der Metalle, 1; Besprechung metallkundlicher Fragen, 1. — **Schmauß:** Wetterkunde II, 4, Ergänzungen, 1; Besprechungen für Fortgeschrittene, 14tägig, 2; Übungen im Gebrauch meteorologischer Meßgeräte, 2. — **König:** Übungen im Zeichnen und Gebrauch von Wetterkarten, 2. — **Findeisen:** Meteorologische Meßmethoden, 1 g; Aerologie, 1 g. —

Technische Hochschule München. Zenneck: Experimentalphysik I: Mechanik, Akustik, Wärme, Optik, 4; Ausgewählte Kapitel aus der Experimentalphysik, 1; Physikalisches Praktikum, 4 oder 8, für Fortgeschrittene (mit v. Angerer), halbtägig; Wissenschaftliche physikalische Arbeiten (mit Goubau), ganztägig. — **Frank:** Experimentalphysik II: Elektrizität II, Optik, 3; Angewandte Physik einschließlich Elektrotechnik II, 1, Übungen, 2; Physikalische Übungen, 2; Anleitung zu wissenschaftlichen Arbeiten aus Physik, ganztägig. — **Meißner:** Technische Physik III: Anwendungen der Mechanik und Akustik, einschließlich Elektroakustik, 3; Technisch-physikalisches Praktikum, 4; Anleitung zur Ausführung wissenschaftlicher Arbeiten auf dem Gebiet der technischen Physik, halb- oder ganztägig. — **Ammann:** Kinematographie II, 1. — **v. Angerer:** Experimentalphysik III: Optik, Spektroskopie, Photographie, für Fortgeschrittene, 2. — **Goubau:** Physik der hohen Atmosphäre, 1. —

Universität Münster. Senftleben: Experimentalphysik für Mediziner, 6; Höhere Experimentalphysik, 2; Physikalisches Praktikum, 3, 6, ganz- oder halbtägig, für Mediziner, 3; Physikalisches Kolloquium (mit Kratzer), 14tägig, 2 g. — **Kratzer:** Optik mit Übungen, 6; Statistische Mechanik, 3; Theoretisch-physikalisches Seminar, 14tägig, 2 g. — **Siemens:** Ausgewählte Kapitel der Starkstrom-Elektrotechnik, 2 g. — **Durau:** Elektrizitätsleitung in gasförmigen, flüssigen und festen Körpern, 2; Physik und Technik des Vakuums, 1. —

Universität Rostock. Kunze: Experimentalphysik I, 4; Ausgewählte Teilgebiete der Physik, 1; Physikalische Übungen für Mediziner, 2, für Naturwissenschaftler, 4; Seminar (Physikalisches Kolloquium) (mit Jordan), 14tägig, $1^1/_2$ g; Wissenschaftliche Arbeiten, ganztägig, g. — **Jordan:** Grundlagen der Atomphysik, mit Übungen, 4; Ausgewählte Kapitel der Quantentheorie, 2; Mathematisches und ballistisches Vortragsseminar (mit Furch und Lösch), 2. — **Falckenberg:**

Meteorologisches Praktikum für Anfänger, 4, für Fortgeschrittene, ganztägig; Navigation, praktische Übungen auf der Ostsee, nach Vereinbarung. —

Universität Tübingen. **Back:** Experimentalphysik: Mechanik, Wärme, 4; Physikalische Übungen für Anfänger, 4, für Fortgeschrittene, 8, für Mediziner, 2 oder 3; Wissenschaftliche Untersuchungen, ganztägig; Physikalisches Kolloquium (mit Braunbek und Fesefeldt), 2 g. — **Fesefeldt:** Mathematische Ergänzungen zur Experimentalphysik, 1. — **Braunbek:** Theoretische Physik B: Thermodynamik, 4, Übungen, 1 g; Anleitung zu wissenschaftlichen Arbeiten in theoretischer Physik, tägl. —

Universität Wien. **Schweidler:** Experimentalphysik II, 5, Demonstrationsergänzung, 1; Mittelschul-Experimentier-Praktikum für Lehramtskandidaten, 6; Wissenschaftliche Arbeiten Vorgeschrittener, tägl.; Besprechung neuerer Arbeiten, 1 g. — **Haschek:** Experimentalphysik II, 5; Physikalisches Praktikum für Lehramtskandidaten, 6, für Vorgeschrittene, 10; Wissenschaftliche Arbeiten Vorgeschrittener, tägl. — **Kirsch:** Atombau, 3; Wissenschaftliche Arbeiten Vorgeschrittener, tägl.; Einführung in wissenschaftliche Arbeiten (mit Stetter), tägl. — **Stetter:** Physik IV: Optik, 5; Wissenschaftliche Arbeiten Vorgeschrittener, tägl. — **N. N.:** Theoretische Optik, 5; Seminar für theoretische Physik, 1; Proseminar für theoretische Physik, 1. — **Ortner:** Radioaktivität, 3; Wissenschaftliche Arbeiten Vorgeschrittener im Radiuminstitut, tägl.; Radioaktives Praktikum, 3. — **Ettenreich:** Physik der Radio-Kurzwellen, 1. — **Sexl:** Theorie der Wärmestrahlung, 2. — **Sirk:** Einführung in die mathematische Behandlung der Naturwissenschaften (Fortsetzung), 4, Übungen, 2; Einführung in die Vektorrechnung, 2, Übungen, 1. — **Bauer:** Wellenmechanische Störungstheorie, mit besonderer Berücksichtigung des Stark- und Raman-Effektes, 2; Partielle Differentialgleichungen der Physik, 3; Physikalische Rechenübungen, 1. — **Seidl:** Elektrische Eigenschaften fester Körper I, 2. — **Karlik:** Die Strahlungsquellen für künstliche Elementverwandlung, 1. — **Schober:** Ausgewählte Kapitel aus der optischen Instrumentenkunde: Photographische Optik, 2; Beleuchtungstechnik, 3; Beleuchtungstechnische Übungen, 1. — **Ficker:** Synoptische Meteorologie: Wettervorhersage, 2; Meteorologische Übungen, 2. — **Schedler:** Erdmagnetismus, 1. — **Lauscher:** Klima und Wettervorgänge der Alpenländer, 2. —

Universität Würzburg. **Harms:** Experimentalphysik II: Wärme, Optik, 3, Ergänzungen, 2; Physikalische Übungen für Anfänger, 6 und 3, für Mediziner, 3, für Fortgeschrittene, halbtägig; Anleitung zu wissenschaftlichen Untersuchungen, tägl. — **Ott:** Theoretische Optik, 4, Übungen, 1. —

Universität Zürich. **Meyer:** Experimentalphysik: Elektrizität und Optik, 5, Ergänzungen, 1; Physikalisches Praktikum für Anfänger, $3^1/_2$, für Vorgerückte, halbtägig, Anleitung zu selbständigen wissenschaftlichen Arbeiten, tägl.; Seminar über Experimentalphysik (mit Bär und Zuber), 2 g; Physikalisches Kolloquium (mit Wentzel, Bär und Zuber), 2 g. — **Wentzel:** Mechanik deformierbarer Körper: Hydrodynamik, Elastizitätstheorie, 4, Übungen, 1; Ausgewählte Probleme der Quantentheorie, 2; Theoretisch-physikalisches Seminar (mit Stueckelberg), 2 g. — **Bär:** Die Lichtemission der Atome und Moleküle, 1. — **Ratnowsky:** Tensoranalysis, 2. — **Zuber:** Atomphysik-Praktikum, 2; Repetitorium der Experimentalphysik, 1. —

Technische Hochschule Zürich. **Scherrer:** Physik II, 4, Repetitorium, 1; Physikalisches Praktikum für Anfänger, 4, 6 und 8, für Fortgeschrittene, 8, 12, 24; Selbständige Arbeiten in Physik, 8, 12, 24; Seminar über aktuelle Probleme der Experimentalphysik, 2; Physikalisches Kolloquium (mit Pauli), 2. — **Pauli:** Thermodynamik und kinetische Gastheorie, 3, Übungen, 1; Spezielle Kapitel der Optik, 2; Selbständige Arbeiten in theoretischer Physik, 8, 12, 24. — **Tank:** Experimentalphysik: Optik, Wärmelehre, 3, Übungen, 1; Hochfrequenztechnik I, 2, Praktikum, 4, 8, 12; Selbständige Arbeiten auf dem Gebiete der Hochfrequenztechnik, 8, 12, 24; Diplomarbeiten in Hochfrequenztechnik. — **Fischer:** Die Behandlung ausgewählter technischer Probleme auf Grund der Theorie des elektromagnetischen Feldes, 2; Leitung selbständiger Arbeiten für technische Physik, tägl. — **Amberg:** Allgemeine Didaktik des mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterrichts an der Mittelschule, 2. — **E. Brandenberger:** Die Röntgenstrahlen in Chemie und Technik: Angewandte Feinstrukturuntersuchung, 1. — **Busch:** Kurs in Glasblasen, 2; Kurs für Feinmechanik, 2. — **Favre:** Mechanik I, 6, Kolloquium, 1, Übungen, 2, III, 2, Übungen, 1. — **Fierz:** Quantenmechanik und Spektren, 2 g. — **Gaßmann:** Mathematisch-physikalischer Vorkurs zur Geophysik, 2; Allgemeine Geophysik, 1. — **Herzog:** Physik der Röntgenstrahlen, 2. — **Lugeon:** Übungen zur allgemeinen Meteorologie mit Rücksicht auf das Flugwesen, 2. — **Oßwald:** Leitung selbständiger Arbeiten im Laboratorium für Akustik, tägl. — **Rüst:** Photographie II: Edle Reproduktionsverfahren, Farbenphotographie, 1; Photographische Fragenstunde für Amateure, 1; Photographisches Praktikum, 2; Photographisches Vollpraktikum, tägl. — **Sänger:** Molekulartheorie der Dielektrika, 2. — **Ziegler:** Mechanik I, 6; Kolloquium, 1; Übungen, 2. —

Nachrichten

Dozenturen: Dr. Karl Wilhelm Mahr an der Technischen Hochschule Karlsruhe für analytische Chemie und Sondergebiete der anorganischen Chemie.

Ernannt: Der Dozent für reine Mathematik an der Universität Marburg Dr. Franz Rellich zum a. o. Professor ebenda, der a. o. Professor an der Universität Genf Dr. E. C. G. Stueckelberg v. Breidenbach zum ord. Professor der theoretischen Physik an derselben Hochschule, der a. o. Professor an der Technischen Hochschule Breslau Dr.-Ing. Paul Böning vertretungsweise zum ord. Professor für theoretische Elektrotechnik und Elektromaschinenbau an derselben Hochschule.

In den Ruhestand: Der ord. Professor der anorganischen Chemie an der Universität Riga Dr. Oskar Lutz, der Präsident der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt in Berlin Professor Dr. Johannes Stark.

Ehrung: Dem ord. Professor der theoretischen Physik an der Universität München Geh. Regierungsrat Dr. Arnold Sommerfeld wurde von der Abteilung Naturwissenschaften der Königlich-Niederländischen Akademie der Wissenschaften die Lorentz-Medaille verliehen.

Verantwortlicher Schriftleiter: Professor Dr. Dr. h. c. P. Debye, Berlin. — Für den Anzeigenteil verantwortlich: A. Plohmann, Leipzig. — Verlag S. Hirzel, Leipzig C 1, Königstr. 2. — Druck: Bibliographisches Institut AG., Leipzig. — D. A. 1330, I. Vj. 1939. — Zur Zeit gilt Anzeigenpreisliste 3. — Printed in Germany.